

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Návrh nové technologie obrábění rotační součásti
Design of a New Machining Technology of Rotating Parts

2014

Miroslav Orálek

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání bakalářské práce

Student: **Miroslav Orálek**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh nové technologie obrábění rotační součástí**
Design of a New Machining Technology of Rotating Parts

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Obrábění rotačních součástí.
3. Návrh moderní technologie pro vybranou součást.
4. Diskuse experimentů.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [4] MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje: I. díl, Řezné nástroje*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava. 2006. ISBN 80-7078-941-7.
- [5] HUMÁR, A.; PÍŠKA, M. *Moderní řezné nástroje a nástrojové materiály*. MM Průmyslové spektrum, Speciální vydání, 2004, 110 s. ISSN 1212-2572.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Anotace

Tato bakalářská práce se věnuje tématu návrhu nové technologie pro obrábění rotační součásti. Obsah práce analyzuje obecnou problematiku strojního obrábění rotačních součástí. Praktická část práce je zaměřena na návrh nového konkrétního technologického postupu obrábění rotační součásti – litinového setrvačníku. Tento nový technologický postup je porovnán s dřívějším postupem výroby. Tyto dva přístupy k výrobě této součástky jsou porovnány v oblasti technické a ekonomické. V práci jsou rovněž zmíněny některé problémy, které se vyskytly při aplikaci nové technologie v praxi systému řízení bezpečnosti informací, které budou v praktické části využity ke zhodnocení výsledků a stanovení minimálních standardů.

Klíčová slova

Proces obrábění, rotační součásti, obráběcí stroje, obráběcí nástroje, litina

Annotation

This thesis is focused on the topic of introducing a new technology for processing rotating parts. Content of this work analyzes the general problems of processing rotational parts. The practical part is focused on project specific technological process of processing rotational parts - cast iron flywheel. This new technological approach is compared with a previous manufacturing process. These two approaches to the production of this component are compared in terms of technical and economic. In this thesis are also discussed some of the problems encountered with the application of the new technology in the practice, connected with information security management system, so that its results will be of practical use to assess and setting minimum standards.

Keywords

Machining Process, Rotating Parts, Machining machines, Machining Tools, Cast-iron

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci na téma Návrh nové technologie obrábění rotační součásti napsal samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů.

V Mohelnici dne 19. 5. 2014

.....
Miroslav Orálek

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc., za odborné vedení při vypracování této bakalářské práce. Dále chci poděkovat zaměstnancům firmy ZLKL, s.r.o. Loštice, za poskytnutí odborné spolupráce a cenných praktických informací.

Obsah

Anotace.....	3
Prohlášení.....	4
Poděkování.....	5
Obsah.....	6
Úvod.....	8
1 Obecná charakteristika daného problému.....	9
1.1 Cíle práce.....	9
1.2 Společnost ZLKL, s. r. o.	9
1.3 Součást Litinový setrvačnick 12	12
1.3.1 Litina ENG-JL-250.....	12
1.4 Obrobitelnost litin.....	13
1.5 Vliv jednotlivých prvků na obrobitelnost litin	14
2 Obrábění rotačních součástí.....	15
2.1 Soustružení	15
2.1.1 Druhy soustruhů	21
2.2 Nástrojové materiály	24
2.2.1 Supertvrdé materiály	24
2.2.2 Řezná keramika	25
2.2.3 Cermety	26
2.2.4 Slinuté karbidy	26
2.2.5 Rychlořezné oceli	27
2.3 Řezné kapaliny	27
2.4 Druhy chlazení	28
2.4.1 Standardní chlazení	28
2.4.2 Tlakové chlazení.....	29
2.4.3 Chlazení řeznou mlhou.....	30
2.4.4 Vnitřní chlazení	30
3 Návrh moderní technologie pro vybranou součást.....	31
3.1 Obráběcí centrum HWACHEON VT650 MC.....	31
3.2 Použité nástroje	34
3.3 Technologický postup výroby	42
4 Diskuse experimentu.....	43

4.1	Charakteristika součástí	43
4.2	Upnutí součástí	43
4.3	Použité měřicí zařízení	44
4.4	Technologické problémy	44
5	Technicko – ekonomické zhodnocení	45
5.1	Srovnání časů potřebných k výrobě	45
5.2	Srovnání nákladů na výrobu	46
Závěr.....		48
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....		49
SEZNAM PŘÍLOH.....		50

Úvod

V dnešní moderní době je nutné stále inovovat výrobní postupy. Aby si firmy udrželi odbyť svých výrobků a byli schopni konkurence, je velice důležité investovat do nových moderních zařízení a technologií, modernějších nástrojů a neustále zdokonalovat výrobní postupy. Firmy musí klást důraz na zlepšování kvality svých výrobků za současného snižování nákladů na jejich výrobu, například pomocí zrychlení a zefektivnění výrobního procesu. Tyto inovace jsou však velice nákladné. Z tohoto důvodu musí firmy, které chtějí být úspěšné na dnešním náročném trhu, věnovat velké finanční prostředky do vývoje a vybavení firmy.

V této práci se budu věnovat návrhu nové technologie obrábění pro součást litinový setrvačnick. Tato technologie bude aplikována ve firmě ZLKL, s.r.o. V práci bude rovněž parametricky porovnán dosavadní způsob obrábění této součásti. Obě technologie budou podrobeny technickému a ekonomickému srovnání.

Toto téma je pro mě velice zajímavé a vybral jsem si ho z důvodu možnosti uplatnění nových technologických postupů, uplatnění teoretických znalostí ve výrobě a seznámení s novým zařízením. Další motivací byla pro mne možnost účasti a zajímavé spolupráce na tomto projektu.

1 Obecná charakteristika daného problému

V této části se zaměřím na cíle bakalářské práce, seznámíme se s historií firmy ZLKL, s. r. o. a charakteristikou zadané součásti.

1.1 Cíle práce

- Charakteristika daného problému,
- Seznámení s teorií obrábění,
- Návrh moderní technologie výroby zadané součásti na obráběcím centru HWACHEON VT650 MC,
- Technicko-ekonomické zhodnocení.

1.2 Společnost ZLKL, s. r. o.

Společnost ZLKL, s. r. o. [1], svým zákazníkům nabízí širokou škálu strojírenských činností. Díky své komplexnosti, kvalitě, schopnosti rychle reagovat na požadavky klienta a přijatelným cenám dlouhodobě roste tržbami i počtem zaměstnanců. Dodává především do nadnárodních koncernů, jako je Emerson a Siemens. Přibližně 60 procent výroby směřuje na export, hlavním odbytištěm je po České republice Francie a Německo. Většina výrobků nachází své použití v elektrotechnickém průmyslu, ve vodohospodářském a doplňkově i v automobilovém průmyslu. Specializuje se na tyto hlavní činnosti:

- **Obrábění** – Firma obrábí různé typy součástí a druhy materiálů. Mezi nejběžnější patří ocel, litina a hliník. Firma je vybavena CAD/CAM systémy pro podporu technologické přípravy výroby. Pro konstrukci a výrobu upínacích přípravků má vlastní nástrojárnu.
- **Lisování** – Plošné tváření zastudena – stříhání, ohýbání, tažení a prolisování na excentrických a hydraulických lisech s podavači. Dělení materiálu na CNC hydraulických nůžkách, CNC vysekávání, CNC ohraňování a zakružování.
- **Svařování** – Firma pracuje s různými stupni automatizace, jako jsou ruční svařování, svařovací automaty i robotizovaná svařovací pracoviště. Nejběžněji svařuje ocel a hliník. Novou technologii CMT používá přednostně na robotizovaných pracovištích.
- **Povrchové úpravy** – Firma provádí povrchové úpravy nanášením práškové barvy s přípravou povrchu alkalickým odmaštěním a pasivací ekologickým přípravkem neobsahujícím těžké kovy ani fosfát.
- **Montáž** – V návaznosti na výrobu dílů je firma schopna zajistit montáž podskupin a skupin.
- **Vývoj a konstrukce** – Smyslem vlastního vývojového centra bylo zajistit vývoj vlastního produktu – vozidla ELBEE pro tělesně postižené. Centrum zajišťuje pro vozidlo Elbee konstrukci, projektový nákup a testování vozidla. Je vybaveno CAD systémem Autodesk Inventor včetně provádění pevnostních výpočtů.
- **Kontrola kvality** – Dle požadavků zákazníků je firma schopna provádět statistické vyhodnocování procesů, případně zavádět kontrolní dokumentaci dle požadavků (FMEA, kontrolní plány).



Obr 1.1 – Příklady vyráběných součástí [1].

Firma byla v posledních letech několikrát významně oceněna:

2010

- finalista soutěže **Podnikatel roku 2010** Olomouckého kraje
- 3. Místo v hlasování čtenářů MF DNES a iDnes.cz, o **Nejlepší podnikatelský příběh** roku 2010

2011

- získal titul **Manažer odvětví** (vývoj a zpracování kovových výrobků)
- Místo v kategorii **Vynikající manažer střední firmy**

2012

- 3. Místo v soutěži Vodafone **Firma roku 2012** Olomouckého kraje

2013

- místo v soutěži Vodafone **Firma roku 2013** Olomouckého kraje
- titul Vodafone **Odpovědná Firma roku 2013**

Významné období z historie firmy:

Společnost ZLKL byla založena v roce 1993. V tomto roce zaměstnávala okolo 45 zaměstnanců a jejím hlavním úkolem byla v pronajatých opravárenských prostorách výroba nábytkového kování a výsuvných roštů pro sedací soupravy.

V roce 1994 došlo ke kvalitativnímu a kvantitativnímu rozvoji tím, že se společnost vyhrála výběrové řízení na výrobu rámců zadních sedadel pro vozy Škoda Felicia, které byly dodávány firmě KARSIT HOLDING, s.r.o. Zisk se pohyboval okolo 50-60 mil. Kč. V tomto roce ZLKL zaměstnávalo 80 zaměstnanců.

K velkému zvratu ve vývoji firmy došlo v roce 1996, kdy firma začala spolupracovat s M.L.S. Holice, spol. s r. o. (Moteur Leroy Somer). Společnost ZLKL se zaměřila na lisování, zpracování plechů, svařování dílů v ochranné atmosféře a obrábění litinových a ocelových dílů pro alternátory a elektromotory.

K dalšímu velkému zvratu ve vývoji společnosti ZLKL došlo v roce 2003 vyplacením ostatních 3 společníků Ing. Ladislavem Brázdilem. Který se tak stal 100% majitelem, došlo k rozšíření firmy o další provozovnu a byly započaty kroky k dalšímu rozvoji firmy. Díky investicím místo vyplácení podílu na zisku se ze ZLKL stala inovativní, technologicky špičkově vybavená strojírenská společnost disponující unikátními technologiemi, jako je robotické svařování hliníku metodou CMT pro automobilní průmysl nebo v ČR jedinečnou komorou pro tlakové zkoušky ventilů. Další specifikací je vývoj vlastního, celosvětově unikátního vozidla pro tělesně postižené, který započal v roce 2005.

V roce 2010 byla společnost úspěšně certifikována na Integrovaný systém managementu, splňuje tímto požadavky norem ISO 9001, 14001 a 18001. Nově byla certifikace v souvislosti se zřízením úseku vývoje rozšířena o Návrh a vývoj.

V posledních letech si firma prošla díky celosvětové hospodářské krizi velmi složitým obdobím. To však vedlo k velmi výraznému zproduktivnění, zkvalitnění a zmodernizování firmy jako celku.

V roce 2012 společnost zahájila provoz vlastní firemní školky s rozšířenou výukou angličtiny a s prvky waldorfské pedagogiky, a to v rámci projektu Sladřování pracovního a rodinného života zaměstnanců. Jedním z pedagogů je anglický rodilý mluvčí. [1]



Obr 1.2 – sídlo společnosti a provozu lisovna, svařovna, lakovna [1].

1.3 Součást Litinový setrvačnick

Součást Litinový setrvačnick, Obr 1.3, byla zvolena pro návrh nové technologie obrábění. Při použití nové technologie výroby by mělo dojít ke zrychlení obráběcího procesu a úspoře strojního času a také k úspoře času potřebného k manipulaci s výrobkem.



Obr 1.3 – Součást Litinový setrvačnick

Součást se vyrábí z materiálu ENG-JL-250, je to litina s lupínkovým grafitem. Charakteristice a obrobiteľnosti materiálu se budu věnovat v další části.

1.3.1 Litina ENG-JL-250

Vlastnosti litiny:

- velmi dobrá obrobiteľnosť,
- vysoká pevnost a tvrdost,
- dobre tlumí chvění,
- obtížná svařitelnost.

Tato litina se velice často používá na výrobu strojních součástí, jako jsou válce motoru, ozubená kola, lože obráběcích strojů, formy a řemenice.

Specifikace dle starých technických norem:

- Meehanite GD250,
- GG 25,
- ČSN 42 2425.

Lze použít jako náhradu za tyto materiály:

- ČSN 42 2455,
- ČSN 42 2456,
- ČSN 42 2420.

Tab. 1.1 – Vyráběné velikosti materiálu ENG-JL-250 [2].

Tvar	Kruhové kontinuálně lité	Kruhové lité do kokil	Čtvercové	Pravoúhlé	Max. délka
Délka [mm]	25 až 430	450 až 750	40 až 410	25 až 560	3050 až 3150

V Tab. 1.1 jsou uvedeny vyráběné velikosti. Chemické složení je znázorněno v Tab. 1.2 a mechanické vlastnosti v Tab. 1.3

Tab. 1.2 – Chemické složení materiálu ENG-JL-250 [2].

Prvek	C	Si	Mn	S	P
Obsah [%]	2,90 až 3,65	1,80 až 2,90	0,40 až 0,90	0,10 max	0,30 max

Tab. 1.3 – Mechanické vlastnosti materiálu ENG-JL-250 [2].

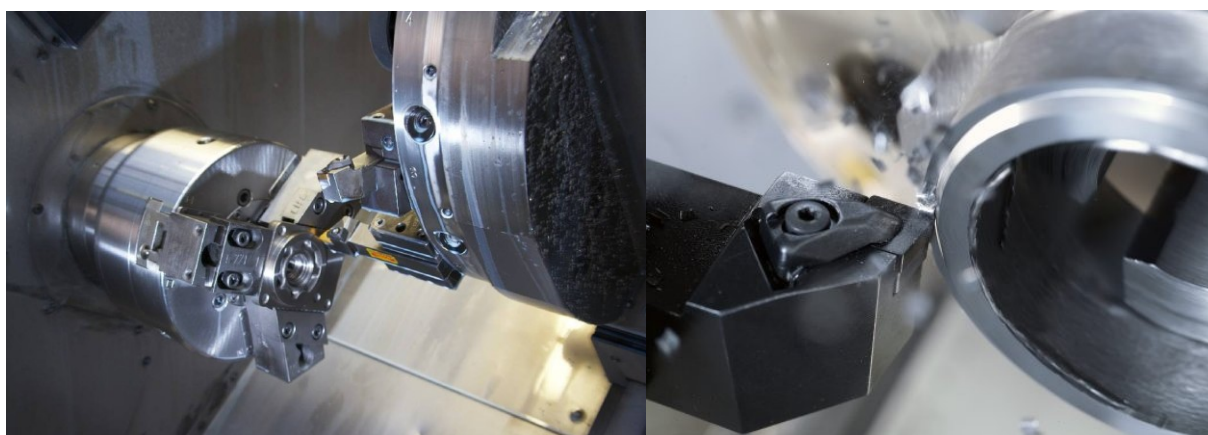
Rozměr [mm]	Tvrdość HB	
	min	max
do 38	180	235
40 až 75	180	230
80 až 150	170	220
nad 155	160	220

1.4 Obrobitelnost litin

Pojem obrobitelnost materiálu znamená souhrn vlastností materiálu, vhodných pro konkrétní výrobu součásti a vhodný způsob obrábění. Je tím myšleno jak snadno nebo obtížně lze při použití vhodných řezných nástrojů obrobek opracovávat. Například žárupevná slitina má horší obrobitelnost než uhlíková ocel střední jakosti. Při obrábění perliticko-feritické litiny vzniká o mnoho více problémů než při obrábění šedé litiny a ocel s nízkým obsahem uhlíku a se sklony k „nalepování“ se obrábí obtížněji než různé druhy legovaných ocelí. Ale obrobitelnost není vždy tou nejdůležitější vlastností, a to kvůli rozmanitosti obráběcích operací, vývoje a zdokonalování řezných nástrojů. Je velice důležité z hlediska obrobitelnosti sestavit všechny kritéria a vlastnosti materiálů, které ovlivňují celý proces obrábění. Mezi hlavní obory, které nám určují obrobitelnost materiálu, druh legujících přísad, tepelné zpracování, vměstky a charakter povrchu materiálu obráběné součásti patří metalurgie, chemie a mechanika. Další

velmi důležité faktory jsou kvalita břitu a držáku nástroje, obráběcí stroj a podmínky obrábění. [3]

Při obrábění je zapotřebí velice dobře znát vlastnosti opracovaného materiálu obrobku, ale také prostředky a cesty, které nám slouží k určení faktorů vhodných k úspěšnému průběhu obrábění. Často se můžeme setkat s jinými prioritami, jako jsou například požadavky na produktivitu práce, náklady na jeden obrobek, ale také výrobcem udávaná trvanlivost břitu, která nám u obrobeného povrchu zaručí specifickou jakost a spolehlivost obrábění. To jsou faktory ovlivňující obrobitelnosti u určitých koncepcí obrábění v závislosti na výrobě. Schopnost obrábět určitý materiál lze také zlepšit například změnou řezných nástrojových materiálů, použitím automatových ocelí, vyšší jakostí odlitků, řeznou kapalinou, geometrií břitu nebo způsobem upnutí. [3]



Obr. 1.4 – Příklady soustružení litinových součástí [4, 5].

Základní vlastnosti ovlivňující obrobitelnost [6]:

- řezné podmínky,
- tvrdost a pevnost,
- struktura materiálu,
- tvárnost,
- legující prvky,
- způsob výroby a tepelné zpracování,
- vměstky,
- zpevnění zastudena.

1.5 Vliv jednotlivých prvků na obrobitelnost litin

Chemické prvky v litinách velkým způsobem ovlivňují obrobitelnost [7]:

- **Wolfram** a **vanad** – Wolfram a vanad jsou prvky, které tvoří karbidy. Zhoršují obrobitelnost úměrně svému obsahu.

- **Molybden** – Molybden zvyšuje tvrdost a pevnost tím že se rozpouští ve feritu. To má špatný vliv na obrobiteľnosť litiny. Obrobiteľnosť sa zhoršuje úmerné s obsahom molybdenu.
- **Chrom** – Chrom má negatívny vliv na obrobiteľnosť, je to zapríčinené tvorbou karbidu v litině.
- **Nikl** – Nikl zvyšuje pevnost a podporuje tvorbu grafitu, je to spôsobeno tím, že se nikl rozpouští ve feritu. Při obsahu do 2 % dochází ke stejnosměrnosti struktury litiny a tím se velice zlepší obrobiteľnosť. Při vyšším obsahu se zvyšuje pevnost, ale zhoršuje obrobiteľnosť.
- **Hliník, titan a zirkon** – Hliník, titan a zirkon jsou prvky silně grafítizující, při chladnutí zpomalují proces vytvrzování odlitku a proto mají pozitivní vliv na obrobiteľnosť.
- **Síra a mangan** – Síra a mangan zlepšují obrobiteľnosť, je to způsobeno tím, že spolu vytvářejí sulfid manganu ale jen do obsahu 0,8 %. Pokud však bude obsah manganu větší jak 0,8 %, dojde ke zhoršení obrobiteľnosti.
- **Fosfor** – Fosfor v litině zvyšuje tvrdost a tím zhoršuje obrobiteľnosť litiny, je to způsobeno tím, že fosfor v litině tvoří sloučeninu steadit (Fe-C-P). Při obsahu steaditu do 0,3 % se obrobiteľnosť nezhoršuje, k velmi velkému zhoršení nastává při obsahu nad 5 %.
- **Křemík** – Křemík slouží jako příměs, která velkým způsobem podporuje tvorbu grafitu v litině. Obsah křemíku do 2,7 % zlepšuje obrobiteľnosť, při vyšším obsahu je obrobiteľnosť horší.
- **Uhlík** – Má velký vliv na obrobiteľnosť litin a to nejen svým obsahem. Uhlík také velmi ovlivňuje mikrostrukturu litin, která je velice důležitá z hlediska obrobiteľnosti. Uhlík se v litinách objevuje v různých formách jako například litina s lupínkovým grafitem, litina s kuličkovým grafitem a litina s červíkovitým grafitem.

2 Obrábění rotačních součástí

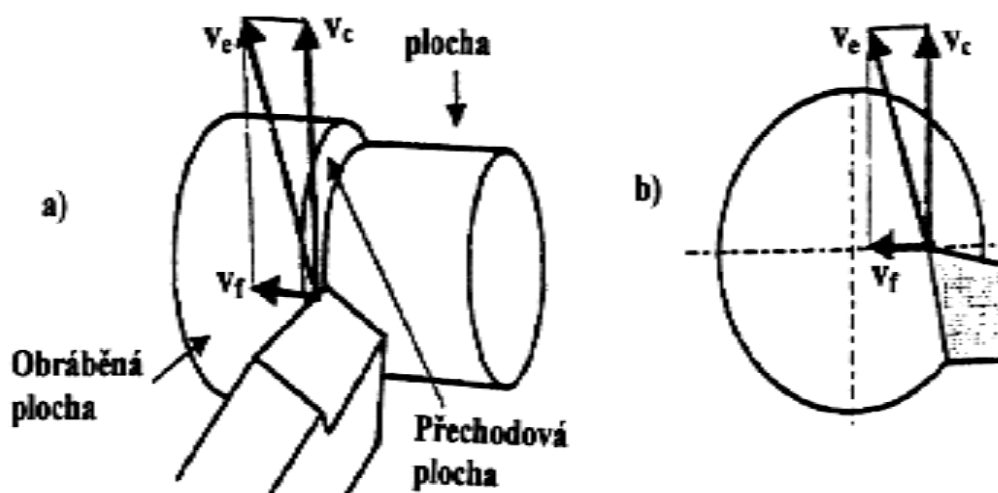
2.1 Soustružení

Soustružení je jedna z metod třískového obrábění, slouží k výrobě rotačních součástí, většinou pomocí jednobřítých nástrojů v různém provedení zvané soustružnické nože. Tento způsob patří mezi nejjednodušší a také nejpoužívanější způsob obrábění. Na klasických soustruzích se vykonává 30 – 40 % veškerých prací. Na soustruzích s ručním nebo automatickým ovládáním se soustruží polotovary s váhou od několika miligramů až do váhy několika tun. Při procesu soustružení dojde k odřezání nadbytečné vrstvy materiálu zvané jako přídavek na obrábění řeznou částí nástroje s definovanou geometrií. Vrstva, která je odřezána opouští obrobek v podobě třísky. Každá činná část nástroje musí mít klínový břit, který slouží k oddělení třísky od polotovaru. Tento klínový břit je mnohem tvrdší než obráběný materiál. Postupně obrobek získává požadovaný tvar, rozměr, drsnost povrchu i některé mechanické vlastnosti. Při obrábění je nutné si určit a dodržovat předepsané řezné podmínky. [8]

Hlavní řezný pohyb (v_c) vykonává obrobek a je to pohyb rotační. Prostřednictvím nože dochází k odřezávání třísky z povrchu rotujícího obrobku

Posuvový pohyb (v_f) je vedlejší někdy přímočarý, vykonává ho stroj. Tento pohyb je potřebný k tomu, aby nůž postupně odebíral třísky požadovaného průřezu.

Je-li nůž posouván ve směru rotace, jedná se o podélné soustružení a **výsledný řezný pohyb (v_e)** má tvar šroubovice, je-li však posouván ve směru kolmém k ose rotace, mluvíme o přímém soustružení a výsledný pohyb řezného nástroje má tvar Archimedovy spirály. Přířuv je kolmý k posuvu. Při podélném soustružení je radiální a při čelním soustružení axiální. [8]



Obr. 2.1 – Druhy soustružení a) podélné soustružení, b) čelní soustružení [8].

Řezné podmínky

Pro stanovení řezných podmínek se jedná většinou o volbu řezné rychlosti v_c , posuvu f a tloušťky obráběné vrstvy apod.

Řezná rychlost

Je to rychlost hlavního řezného pohybu a je možné ji definovat jako obvodovou rychlost měřenou na obráběné ploše. Pro každý jiný druh materiálu nástrojů a obrobků se využívá i jiných řezných rychlostí. Volí se v rozsahu od 5 m.min⁻¹ do 1000 m.min⁻¹. Obvodovou řeznou rychlost obrobku v místě soustružení můžeme vypočítat ze vztahu [8]:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [\text{m.min}^{-1}] \quad (2.1)$$

D – průměr obráběné plochy [mm]

n – počet otáček vřetene [min⁻¹]

Posuv

Je to dráha, kterou koná nástroj za jedno otočení obrobku. Při hrubovacích operacích je jeho hodnota okolo 0,4 až 3,5 mm, při dokončovacích operacích je to 0,06 až 0,3 mm a při jemném soustružení je to okolo 0,03 až 0,05 mm. Při soustružení se nástroj posouvá během jedné otáčky o vzdálenost posuvu, a proto je možné vypočítat rychlost posuvu v_f , která je závislá na otáčkách vřetene tímto způsobem [8]:

$$v_f = f \cdot n \quad [\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (2.2)$$

f – posuv na otáčku [mm]

n – počet otáček vřetene [min^{-1}]

$$v_e = \sqrt{v_c^2 + v_f^2} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (2.3)$$

Tloušťka obráběné vrstvy a_p

Může být při soustružení velká jen několika desetin mm ale také několik mm. Velikost posuvu, hloubka řezu, úhel nastavení a část tvar řezné hrany, která je v záběru mají velký vliv na velikost a tvar průřezu třísky. Rozměry průřezu třísky pro základní druhy soustružení lze podle vypočítat ze vztahu [8]:

pro podélné soustružení:

$$a_p = 0,5 \cdot (D - d) \quad [\text{mm}] \quad (2.4)$$

D – průměr obráběné plochy [mm]

d – průměr obrobené plochy [mm]

pro čelní soustružení:

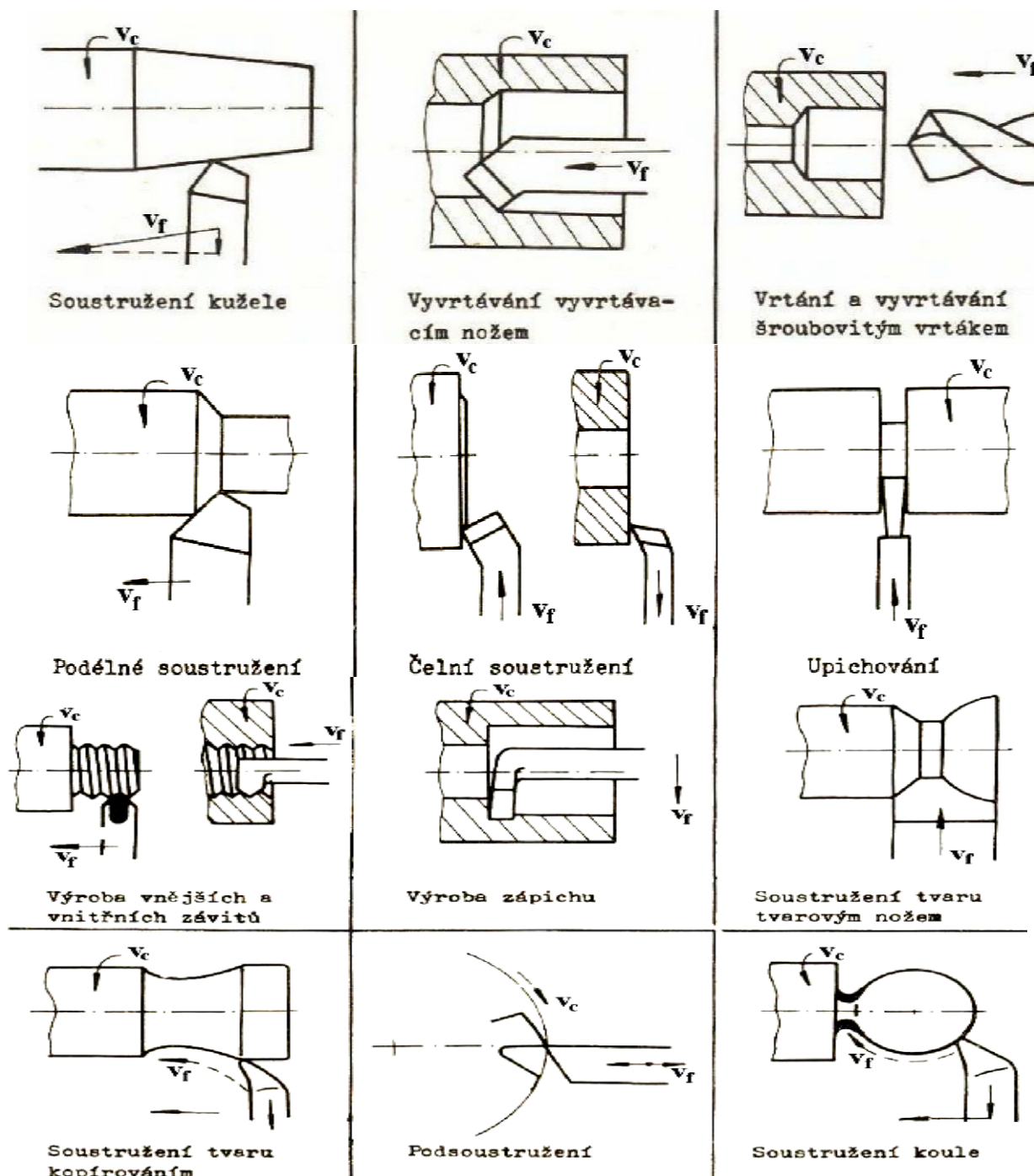
$$a_p = L - l \quad [\text{mm}] \quad (2.5)$$

L – délka obráběné plochy [mm]

l – délka obrobené plochy [mm]

Základní operace na soustruhu

Soustružením je možné obrábět vnější i vnitřní válcové plochy, kulové a všeobecné rotační plochy, rovinné plochy a závity. Na soustruzích je také možné vrtat, vyvrtávat, vystružovat, řezat závity, vroubkovat, válečkovat, hladit, leštit, vyrábět hřbetní plochy tvarových fréz, atd. Jednotlivé druhy operací jsou vyobrazeny na Obr. 2.2.



Obr. 2.2 – Základní práce na soustruhu [8].

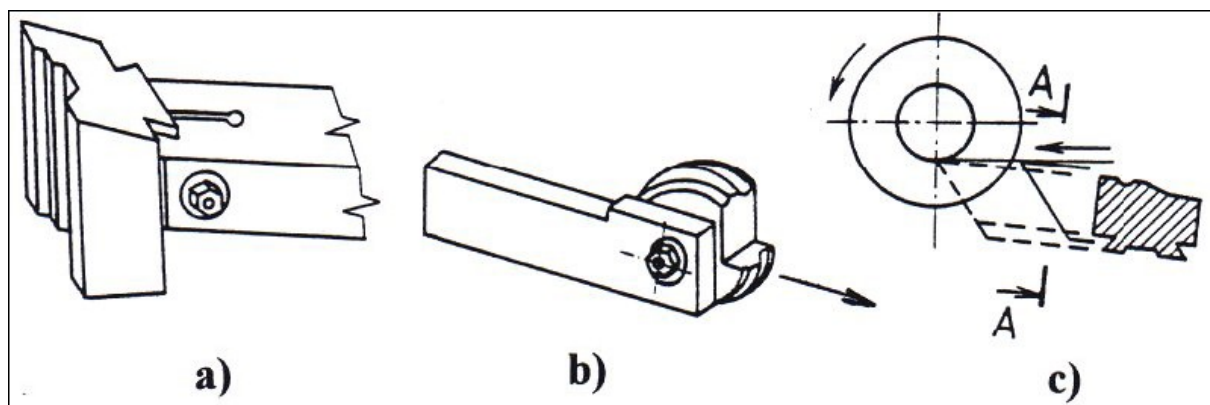
Typy soustružnických nožů

Velmi často používané nástroje pro obrábění jsou soustružnické nože. Jedná se o jednobřité nástroje jednoduchých tvarů. Jejich výhodou je v nízké ceně a jednoduchosti údržby. Základní charakteristiky soustružnických nožů jsou:

- tvar řezného klínu,
- materiál řezné části,
- průřez tělesa nástroje.

Z hlediska technologie můžeme dále dělit soustružnické nože:

- radiální (nejpoužívanější skupina nožů),
- prizmatické,
- kotoučové,
- tangenciální.



Obr. 2.3 – Tvarové soustružnické nože a)prizmatické, b)kotoučové, c)tangenciální [8].

Radiální soustružnické nože lze dále dělit podle konstrukce:

- **celistvé** – těleso i řezná část se vyrábí z nástrojových nebo rychlořezných ocelí a tvoří jeden celek,
- **s pájenými břitovými destičkami** – destička z řezného materiálu se připájí tvrdou pájkou do lůžka tělesa nože,
- **s vyměnitelnými břitovými destičkami (VBD)** – břitová destička je mechanickým způsobem upnuta do nožového držáku vyrobeného z konstrukční oceli pomocí systémů upínání.

Dále dělíme radiální soustružnické nože podle směru posuvu při obrábění:

- **pravé** – nástroj pracuje od koníku k vřetenu,
- **levé** – nástroje se pohybují opačným způsobem od vřetene ke koníku.

Dále můžeme dělit radiální soustružnické nože podle způsobu obrábění:

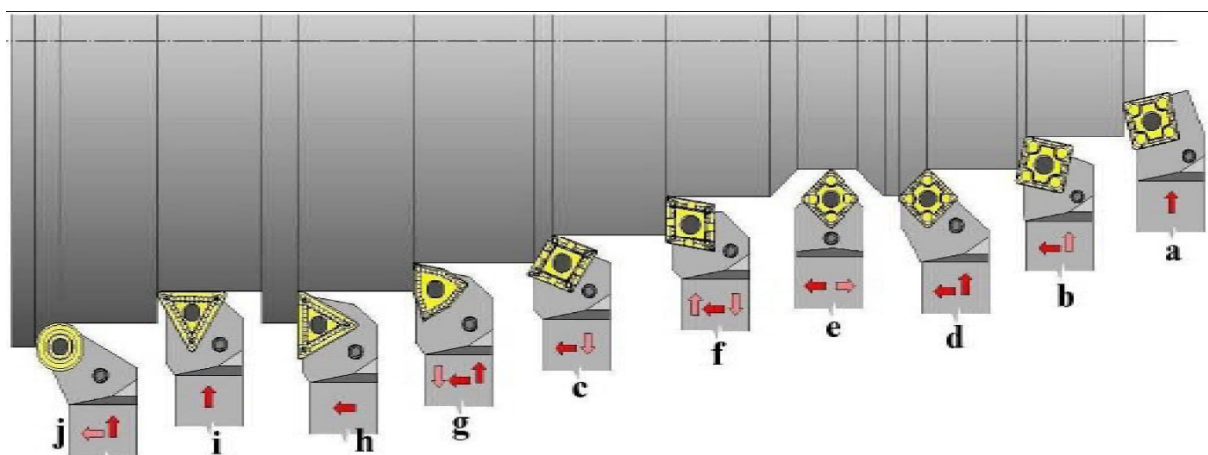
- pro obrábění vnějších ploch (Obr. 2.4),
- pro obrábění vnitřních ploch (Obr. 2.5).

Tyto dvě skupiny se dále dělí na nože:

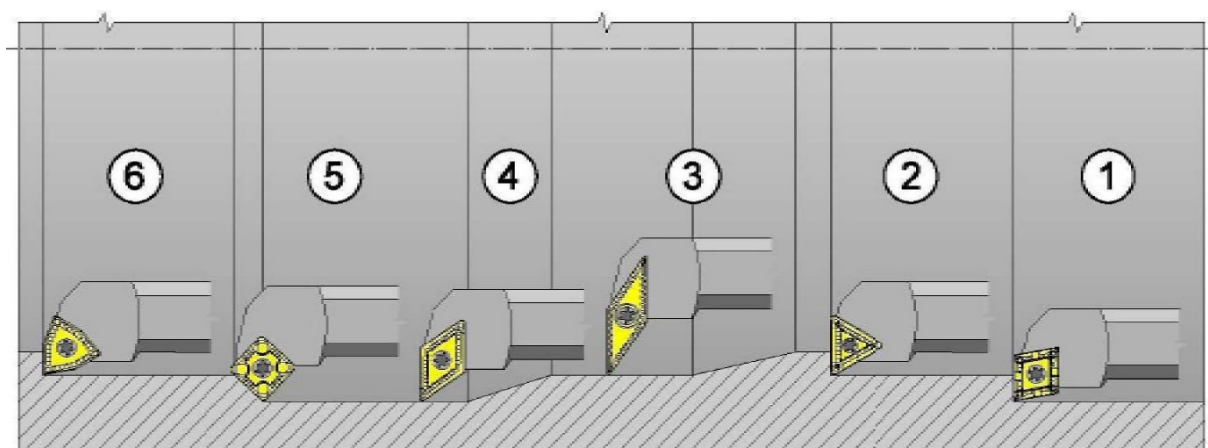
- ubírací,
- zapichovací,
- upichovací,
- kopírovací,
- závitové,
- tvarové.

Dále se dělí podle tvaru nože:

- přímé,
- ohnuté,
- stranové,
- rohové.



Obr. 2.4 – Vnější soustružnické nože, a – ubírací nůž čelní, b – ubírací nůž přímý, c – ubírací nůž přímý, d – ubírací nůž ohnutý, e – ubírací nůž oboustranný, f – rohový nůž, g – rohový nůž, h – ubírací nůž stranový, i – hladicí nůž, j – rádiusový nůž [8].



Obr. 2.5 – Vnitřní soustružnické nože, 1 – vnitřní ubírací, 2 – vnitřní rohový, 3 – vnitřní kopírovací, 4 – vnitřní ubírací, 5 – vnitřní ubírací, 6 – vnitřní rohový [8].

2.1.1 Druhy soustruhů

Soustružnické stroje patří mezi skupinu nejpoužívanějších obráběcích strojů. V dnešní době se můžeme setkat s velkým počtem různých druhů, typů a velikostí soustruhů.

Z hlediska konstrukce lze soustruhy dělit:

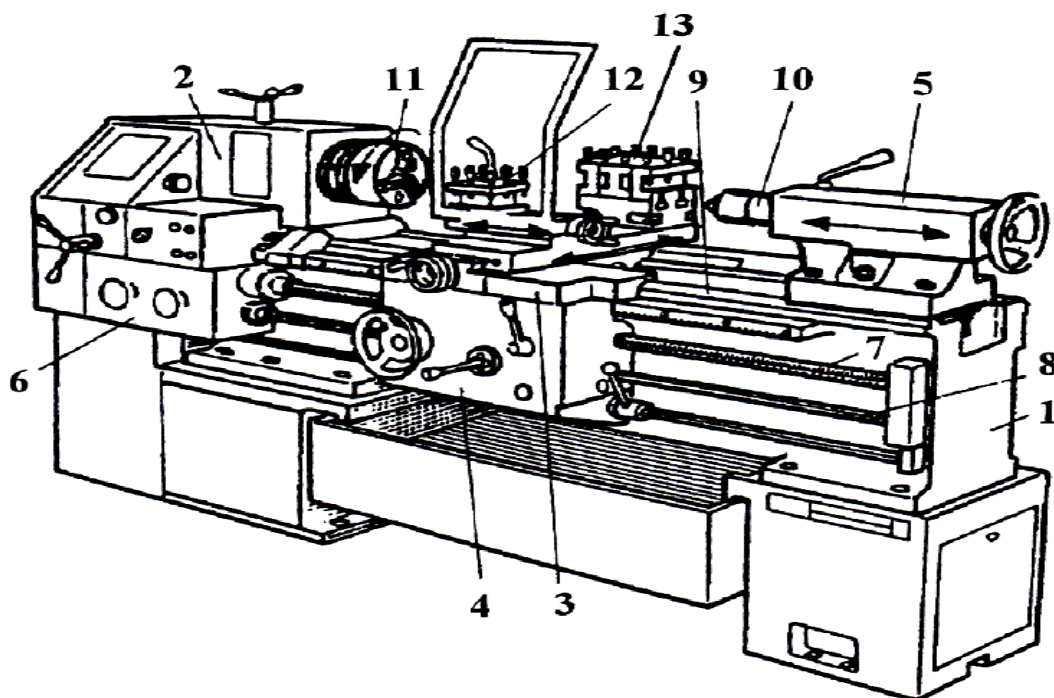
- hrotové,
- svislé,
- čelní,
- revolverové,
- speciální.

Dále je dělíme podle stupně automatizace:

- **ručně ovládané**,
- **poloautomatické** – pracují v naprogramovaném cyklu, zásah obsluhy je potřebný jen na opakování cyklu, upnutí a odepnutí obrobku,
- **automatické** – jsou schopny samočinně opakovat pracovní cyklus po obrobení jedné součástky.

Hrotové soustruhy

Mají vhodné použití v kusové a malosériové výrobě, používají se převážně pro soustružení hřídelových a přírubových součástí rozdílných rozměrů a tvarů. V základním provedení se můžeme setkat s dvěma druhy, a to univerzální a jednoduché. [8]

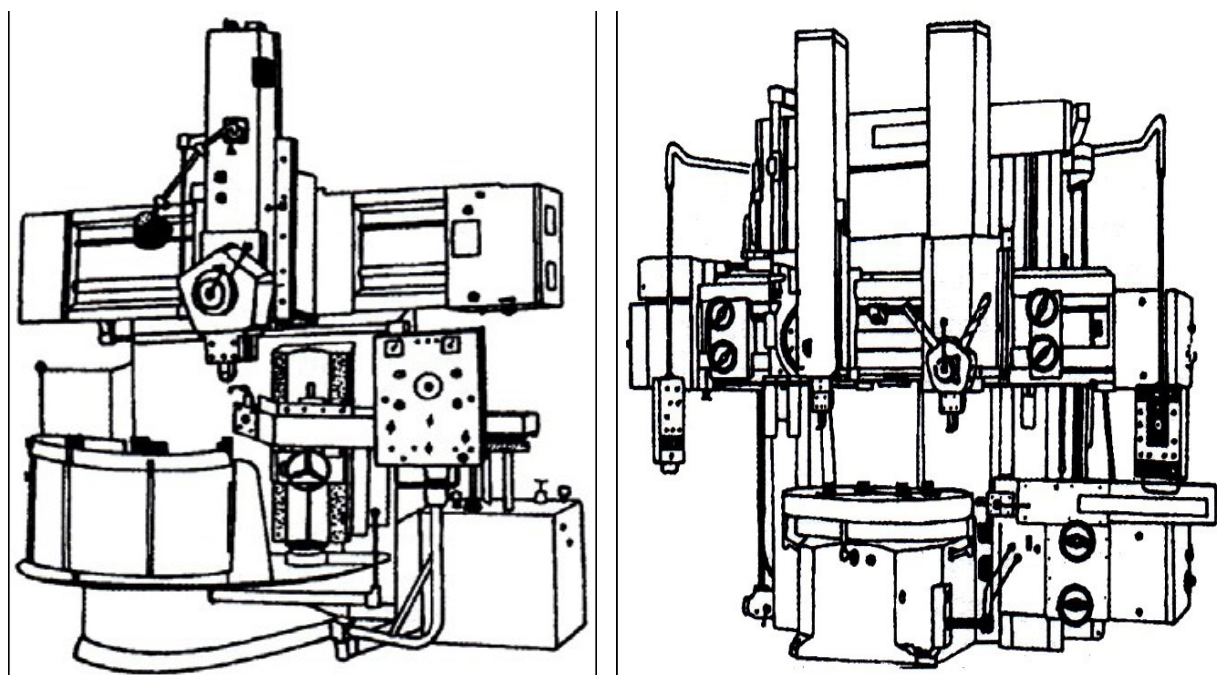


Obr. 2.6 – Univerzální hrotový soustruh, 1 – lože, 2 – vřeteník, 3 – suport, 4 – suportová skříň, 5 – koník, 6 – posuvová převodovka, 7 – vodicí šroub, 8 – vodicí tyč, 9 – vodicí plochy, 10 – hrotová objímka, 11 – sklíčidlo, 12 – otočná nožová hlava, 13 – zadní nožová hlava [8].

U univerzálních soustruhů můžeme najít vodicí šroub a je možné na nich obrábět v podstatě jakoukoli součást. Dají se použít na obrábění jak vnějších, tak i vnitřních rotačních ploch. Často tyto soustruhy bývají vybaveny zařízením pro plynulou regulaci otáček. Je možné na nich obrábět rovinné i čelní plochy, zapichovat při podélném i čelním soustružení, závitovým nožem řezat závit, soustružit kuželové plochy, případně plochy tvarové. U jednoduchých soustruhů nenajdeme vodicí šroub, bývají vybaveny silnějším elektromotorem a používají se převážně pro hrubovací operace. [8]

Svislé soustruhy

Jsou používány v kusové a malosériové výrobě středních a velkých rotačních součástí. Vyrábějí se jako jednostránkové nebo dvoustránkové (Obr. 2.7). Hlavními částmi svislých soustruhů jsou otočný stůl, stojany a příčníky se suportem. Často jsou vybaveny přídatným naklápěcím brouscím vřeteníkem, který slouží k broušení vnějších a vnitřních povrchů a také indikací polohy obrobku a číslíkovým řízením. [8]

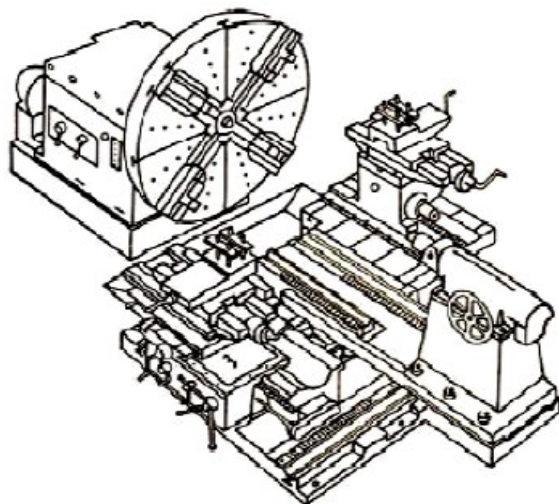


Obr. 2.7 – vlevo jednostránkový svislý soustruh, vpravo dvoustránkový svislý soustruh [8].

Princip svislého soustruhu je v tom, že na vřeteníku je upevněno sklíčidlo s obrobkem. Na stojanu se svislým vedením jsou umístěny jeden nebo dva příčníky s nožovou hlavou. U těchto soustruhů je možný pohyb nástrojů ve směru svislém i vodorovném. Na svislém soustruhu je možné obrábět vnější i vnitřní válcové plochy, kuželové plochy ale jen s pomocí natočení suportu, řezat závit. Má-li svislý soustruh ve výbavě kopírovací zařízení, je možné na něm soustružit i tvarové plochy. [8]

Čelní soustruhy

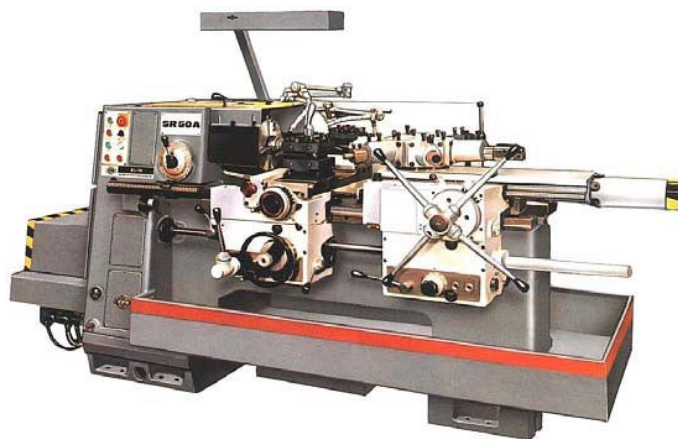
Čelní soustruhy (obr. 1.17) je možné použít pro obrábění deskovitých součástí velkých průměrů a malých délek. Často jsou vybaveny jedním nebo dvěma suporty a většinou nemají koník na podepření obrobku. K upínání obrobku se používají svislé upínací desky, které jsou připevněny na konci vřetena. V praxi se s těmito soustruhy příliš často nesetkáváme, bývají často nahrazeny soustruhy svislými. [8]



Obr. 2.8 – Čelní soustruh [8].

Revolverové soustruhy

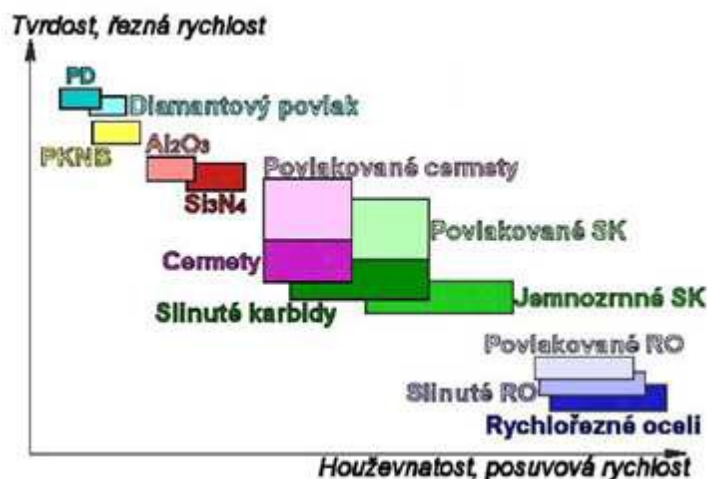
Jsou používány převážně pro malé a střední série výroby součástek, u kterých je potřeba větší počet řezných nástrojů. S využitím více nástrojů obrobí větší množství ploch a to na jedno upnutí obrobku. Tyto stroje mohou soustružit jak podélně tak i příčně, vrtají v ose obrobku, vyvrtávají, vystružují, řezou závity, apod. V revolverové hlavici jsou upevněny nástroje, a hlavice je schopná se otáčet jak kolem horizontální tak i vertikální osy. Ve většině případů jsou použity nástroje pro obrábění povrchů nebo nástroje pro obrobení děr. Nastavení nástrojů se provede při obrábění prvního obrobku a potom je možné obrábět celou sérii obrobků za sebou. Celý cyklus je automatický a ve většině případů řízen číslicově. Celou revolverovou hlavu je možné vyměnit. [8]



Obr. 2.9 – Revolverový soustruh [8].

2.2 Nástrojové materiály

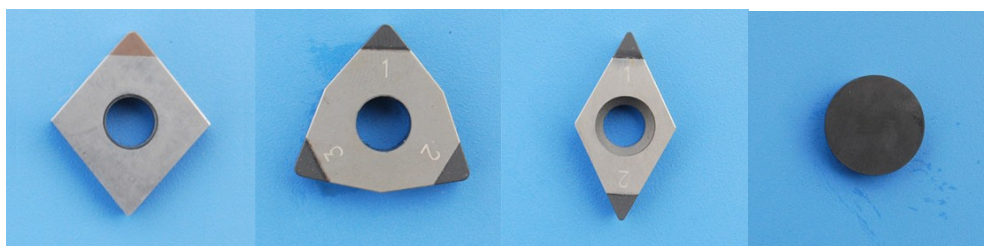
Díky dlouholetému a celosvětovému výzkumu v dané oblasti máme dnes k dispozici velký sortiment materiálů pro výrobu řezných nástrojů od nástrojových ocelí až po syntetický diamant. To má také za následek rozvoj konstrukčních materiálů určených pro obrábění, vývoj nových obráběcích strojů, převážně pak CNC strojů a obráběcích center. Na Obr. 2.10 jsou schematicky popsány hlavní oblasti využití všech současných materiálů pro řezné nástroje, jsou popsány vztahem mezi základními řeznými podmínkami, jako jsou řezná rychlost a posuvová rychlost, které popisují vztah mezi jejich charakteristickými vlastnostmi, jako jsou tvrdost a houževnatost. [9]



Obr. 2.10 – Oblasti využití řezných materiálů [9].

2.2.1 Supertvrdé materiály

Supertvrdé materiály, jako jsou například polykrystalický diamant – PD nebo kubický nitrid boru – CBN svými vlastnostmi, převážně pak tvrdostí a otěruvzdorností, značně převyšují doposud využívané řezné nástroje, jako jsou slinuté karbidy nebo řezné keramiky. Podle provedení břitových destiček je můžeme rozdělit na dvě různé varianty: a) monolitní destičky kde je celý objem destičky tvořen supertvrdým materiálem, b) vrstevnaté destičky u kterých je na podložce ze slinutého karbidu přislinuta vrstva supertvrdého materiálu o maximální tloušťce 0,5mm. Polykrystalický diamant se velice často využívá na obrábění vláknově vyztužených kompozitů a také převážně u hliníkových slitin, které mají zvýšený obsah Si, jsou používány v automobilovém průmyslu, kde je možné použít řezné rychlosti až do hodnoty 5000 m/min. Diamant je uhlík s kubickou mřížkou, díky své velké afinitě k železu není vhodný pro obrábění ocelí a litin. CBN je obecně doporučován pro obrábění tvrdých, kalených materiálů. [10]



Obr. 2.11 – Destičky s povlakem ze supertvrdého materiálu [11].

2.2.2 Řezná keramika

Podle složení máme 3 typy řezné keramiky. [10]

Oxidová keramika

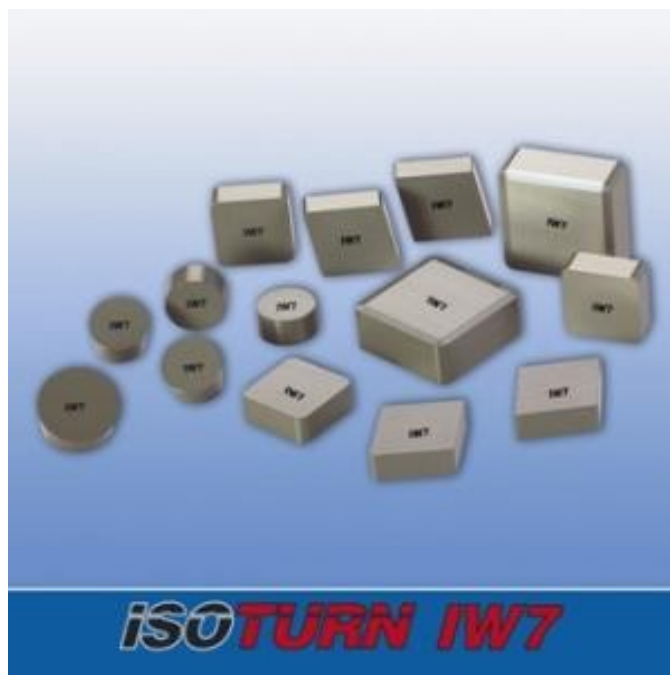
Skládá se z jemnozrnného oxidu hlinitého s malým procentem látek, které slouží ke slinování a látek zamezujících růst zrn. Po slinování při teplotách okolo 1600 °C jsou destičky rozřezávány a broušeny diamantovými kotouči. Čistá oxidová keramika má menší houževnatost, a s tím i související odolnost proti křehkému lomu. Většinou se tyto nežádoucí vlastnosti odstraní příměsí až 20% oxidu zirkoničitého. [10]

Směsná keramika

Je složena ze směsi oxidu hlinitého a neoxidických materiálů jako jsou TiC, TiN a dalších směsí, které tvoří okolo 25 až 40% obsahu. Tyto destičky jsou charakteristické svou tepelnou vodivostí, odolností proti tepelným rázům a mají také vyšší pevnost v ohybu. Pro tyto destičky je typická černá barva. [10]

Nitridová keramika

Díky nitridu křemíku mají vyšší lomovou houževnatost než keramika směsná, mají také mnohem větší tepelnou vodivost a jsou méně náchylné vůči tepelným rázům. Proces slinování u těchto destiček je velice obtížný. [10]



Obr. 2.12 – Keramické soustružnické destičky IW7 [12].

2.2.3 Cermety

Jsou to materiály, které z pohledu řezných vlastností patří někde mezi keramikou a slinutými karbidy. Tyto materiály mají vysokou otěruvzdornost, i při vysokých teplotách jsou velice odolné proti opotřebení a mají také dostačující houževnatost. Jejich uplatnění je převážně při obrábění korozivzdorných ocelí. V dnešní době jsou na trhu povlakované i nepovlakované cermetové destičky, které jsou svým složením určeny pro specifický typ operace. Jako například TN100M je houževnatý cermet Kyocera na bázi TiCN-NbC, který má vyšší odolnost proti tepelným rázům a proto je určený převážně pro frézování. [10]



Obr. 2.13 – Cermetové břitové destičky [10].

2.2.4 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy (SK) v dnešní době patří mezi nejpoužívanější část materiálů používaných pro výrobu řezných nástrojů. Patří do skupiny nejpevnějších materiálů mezi tvrdými nástrojovými materiály. Používají se převážně pro obrábění s použitím vysokých posuvových rychlostí a pro složité přerušované řezy. Jsou nevhodné pro použití při vysokých řezných rychlostech, důsledkem jejich nízké termochemické stability. [10]



Obr. 2.14 – Destičky ze slinutých karbidů [10].

2.2.5 Rychlořezné oceli

Rychlořezné oceli patří mezi materiály s vysokou houževnatostí, ale jejich tvrdost je celkem malá v porovnání s jinými materiály. Proto slouží k výrobě řezných nástrojů určených převážně pro obrábění s použitím nízkých řezných rychlostí a také k výrobě tvarově složitých nástrojů, které nemohou být vyrobeny z jiných řezných materiálů. [10]



Obr. 2.15 – Jádrové vrtáky z rychlořezné oceli [13].

2.3 Řezné kapaliny

Řezné kapaliny je možné dělit na kapaliny, které slouží k chlazení a kapaliny určené k mazání. Toto dělení však není úplně přesné. V dnešní době jsou na trhu i univerzální kapaliny. Světový výrobci mají snahu zdokonalovat mazací účinky i u řezných kapalin s převážně chladicím účinkem. Většina moderních druhů řezných kapalin tyto požadavky splňuje, což smazává rozdíl mezi oběma skupinami. Řezné kapaliny se dále mohou dělit na vodní roztoky, emulzní kapaliny, mastné oleje, zušlechtěné řezné oleje, rostlinné oleje, které jsou ekologicky nezávadné a syntetické kapaliny. [8]

Základní druhy řezných kapalin [8]:

- vodní roztoky,
- emulzní kapaliny,
- zušlechtěné řezné oleje,
- syntetické a polysyntetické kapaliny.

Mazací účinek

Mazací účinek je způsoben tím, že kapalina tvoří na povrchu obráběné součásti a nástroje vrstvu, která zabraňuje přímému styku kovových ploch a dochází tím ke snížení tření, ke kterému dochází mezi nástrojem a obrobkem. Důsledkem vysokých tlaků, které vznikají při řezání, nedochází ke kapalnému tření. Může ale docházet ke vzniku mezního tření, pokud má řezné médium vysokou afinitu ke kovu, nebo váže-li se s materiálem obrobku chemicky, v mikroskopické povrchové mezní vrstvě. Mazací účinek má za následek snížení řezných sil, úsporu spotřeby energie ale také vyšší jakost obrobeného povrchu. Mazací účinek řezného média najde uplatnění převážně u dokončovacích obráběcích operací, při protahování, výrobě závitů nebo také při výrobě ozubení. [8]

Chladicí účinek

Chladicí účinek je vlastnost řezného média odvádět teplo z místa řezu. Tuto vlastnost má každá kapalina na povrchu kovu, musíme ale brát v potaz že mezi povrchem obrobku a kapalinou je tepelný spád. Odvádění tepla, které vzniklo při řezání je uskutečněno tím, že řezná kapalina obklopuje nástroj, třísky i obrobek a pohlcuje vzniklé teplo. Chladicí účinek má za následek nižší teploty při řezání, což je velice důležité z pohledu opotřebení a trvanlivosti nástroje ale také vliv na jakost povrchové vrstvy obrobené plochy. Chladicí účinek řezné kapaliny je závislý na schopnosti smáčet povrch obrobku, na výparném teple, rychlosti vypařování za určitých teplot, vodivosti tepla, měrném teple a množství průtoku. Čím vyšší budou tyto hodnoty, tím bude chladicí účinek řezné kapaliny účinnější. Výparné teplo má za následek zvýšení chladicího účinku, ale velké odpařování řezné kapaliny taky není dobré. [8]

2.4 Druhy chlazení

2.4.1 Standardní chlazení

U tohoto způsobu přívodu řezné kapaliny není nutné nějakými způsoby upravovat přívodní potrubí, stačí nám standardní zařízení, které dodává výrobce obráběcího zařízení. Tento systém se skládá z nádržky na řeznou kapalinu, čerpadlem a rozvodovým potrubím. Množství průtoku řezné kapaliny je určeno druhem čerpadla a škrcením průtoku, ke kterému slouží výstupní kohout. [8]

2.4.2 Tlakové chlazení

Tento způsob chlazení se používá při teplotách okolo 600 až 800°C. U takto vysokých teplot dojde k tomu, že se chladicí kapalina začne vypařovat, a to má za následek zamezení přístupu nové kapaliny. Jedním z problémů je zvýšení teploty, což způsobuje snížení mazacích účinků kapaliny, které má za následek větší opotřebení nástroje a také snížení jakosti obrobeneho povrchu. Pro řešení těchto problémů je důležitá správná aplikace tlakového chlazení. [10]



Obr. 2.16 – Příklad tlakového chlazení [14].

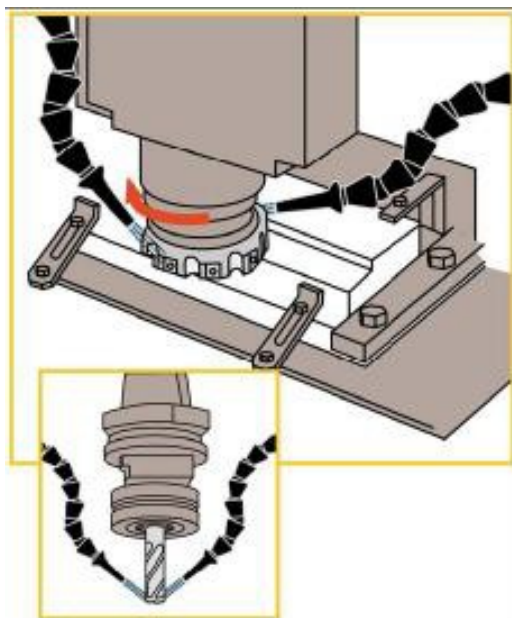
U toho způsobu je řezná kapalina přivedena pod vysokým tlakem rovnou do místa řezu. Toto chlazení se používá v situacích, kde vznikající teplo má velký vliv životnost nástroje. Hlavní nevýhody tohoto chlazení jsou v tom, že vlivem velkých tlaků dochází k rozstříku řezné kapaliny, která tvoří mlhu. Proto je nutné uzavření pracovního prostoru stroje, aby nedocházelo ke znečištění pracovního prostředí. [10]



Obr. 2.17 – Tlakové chlazení při vrtání [15].

2.4.3 Chlazení řeznou mlhou

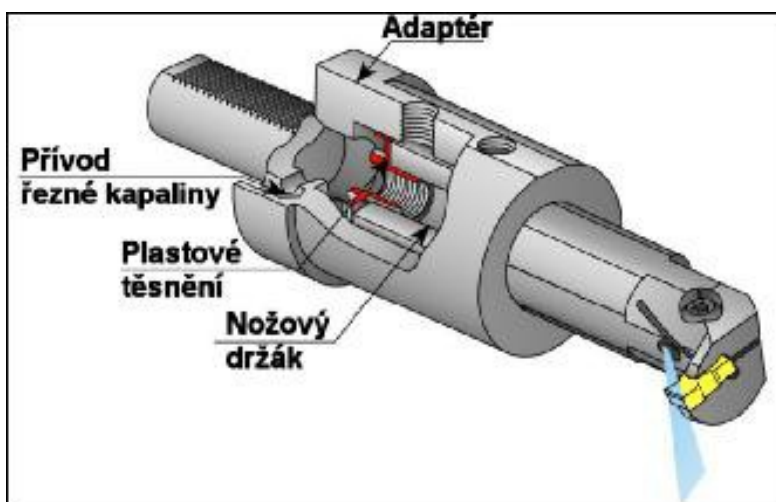
V tomto způsobu chlazení je řezná kapalina rozstříkována tlakem vzduchu, který proudí z trysky rychlostí až 300 m.s-1. Kapalina je rozstříkována na řeznou část nástroje, ještě před tím než nástroj najede do materiálu. Velmi dobrý odvod tepla z místa řezu je způsoben tím, že vzduch, který se rozpíná je nasycen částicemi řezné kapaliny a je schopen ve větší míře odvádět vzniklé teplo. [8]



Obr. 2.18 – Příklad chlazení mlhou při frézování [8].

2.4.4 Vnitřní chlazení

Vnitřní chlazení má za následek velké zvýšení výkonu obrábění. Při použití tohoto způsobu chlazení je možné zvýšení řezné rychlosti o 5 až 15 %. Při soustružení je možno tuto metodu využít pro nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami vyrobené ze slinutých karbidů. [8]



Obr. 2.19 – Soustružnický nůž s vnitřním chlazením [8].

U vrtáků je tento způsob chlazení vyřešen tak, že řezná kapalina proudí centrálními otvory uvnitř tělesa nástroje až přímo k místu řezu. Kromě vrtáků s vyměnitelnými břitovými destičkami je tento způsob vnitřního chlazení využíván i u klasických šroubovitých vrtáků zhotovených z monolitních slinutých karbidů a také u rychlořezných ocelí. Vnitřní chlazení je také možno použít pro vrtání hlubokých děr a vrtání špatně obrobitelných materiálů. Zvýšením tlaku řezné kapaliny do místa řezu dochází ke zvýšení výkonu obrábění a také k lepšímu odvodu třísek. [8]



Obr. 2.20 – Příklad vrtáku s vnitřním chlazením [8].

3 Návrh moderní technologie pro vybranou součást

Při použití nové technologie obrábění pro vybranou součást litinový setrvačnick dojde k úspoře času potřebného k manipulaci mezi jednotlivými pracovišti, protože nové obráběcí centrum je schopno vrtat závity, což na stávajícím stroji nebylo možné. Dojde také k úspoře obráběcího času ale také přesnosti obrábění a ke zvýšení jakosti obrobeného povrchu.

3.1 Obráběcí centrum HWACHEON VT650 MC

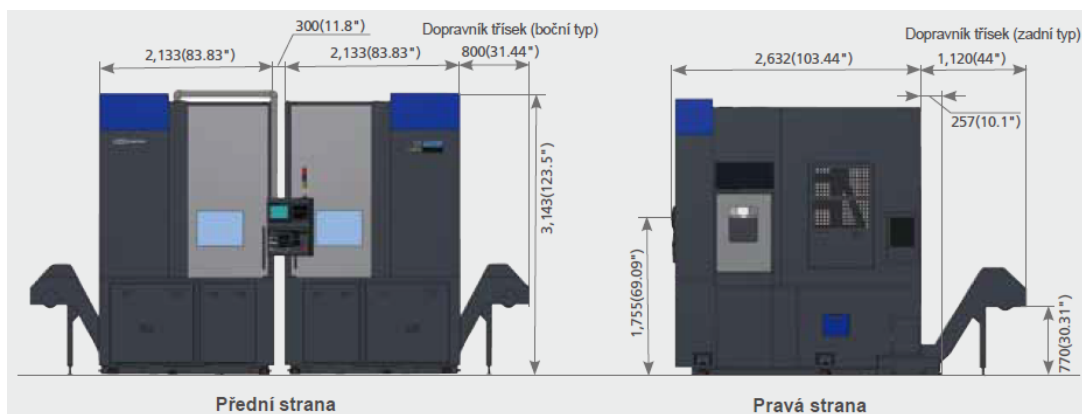
Soustružnické centrum VT-650 je správnou volbou pro mnoho výrobců po celém světě. Názorně prokázalo výjimečné schopnosti při obrábění brzdových bubnů, nábojů a ventilů. Lože stroje z jednoho kusu je konstruováno tak, aby zamezilo tepelným deformacím, účinně absorbovalo vibrace a zaručovalo vysokou kvalitu povrchu a přesnost při vysokých otáčkách. Tato soustružnické centrum je možné objednat s vřetenem na levé nebo pravé straně, nebo jako dvojité stroje, kde může obsluha ovládat oba agregáty jedním řízením zároveň. Díky rychlému a efektivnímu odvodu třísek a separaci oleje a vody je šetrné k životnímu prostředí. Díky tomu dochází k zefektivnění výroby.



Obr. 3.1 – Obráběcí centrum HWACHEON VT650 MC.

Popis stroje

Soustružnické centrum VT – 650 má lože stroje vyrobené z jednoho kusu pro vynikající tlumení vibrací. Díky schopnosti lože omezovat tepelnou deformaci zaručuje vysokou přesnost a kvalitu povrchu při vysokorychlostním soustružení. Vedení osy Z, je provedeno jako skříňovitá konstrukce, osa X používá lineární válečková vedení pro přesnost a tuhost. To vše přispívá k udržení rychlého, trvanlivého a stabilního výkonu po mnoho hodin provozu.



Obr. 3.2 – Rozměry stroje.

Technické parametry stroje

Tab. 3.1 – technické parametry stroje.

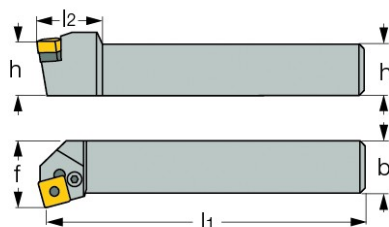
Kapacita		
Průměr přes lože	mm(palce)	Ø900 (35.37")
Max. průměr obrábění	mm(palce)	Ø800(31.44")
Standardní průměr obrábění	mm(palce)	Ø320(12.57")
Max. délka obrábění	mm(palce)	750(29.53")
Velikost sklíčidla	palce	18"
Vřeteno		
Typ ukončení vřetene	ASA	A2-11
Max. otáčky vřetene	rpm	1,500
Průměr předního ložiska ve vřetení	mm(palce)	Ø160 (6.30")
Motor vřetene	kW (HP)	22/18.5 (30/25)
Revolver		
Počet stanic	ks	12
Velikost nástroje	mm(palce)	□32 × Ø60 (□1.25"× Ø2.5")
Čas otočení revolveru	sec/krok	0.2
Posuvy		
Rychloposuv (X/Z)	m/min(ipm)	20/16(787.4/629.9)
Max. zdvih (X/Z)	mm(palce)	430/790 (16.89"/31.04")
Posuvový motor (X/Z)	kW (HP)	3.0/4.0(4/5.5)
Poháněné nástroje (opce)		
Motor vřetene	kW (HP)	5.5/3.7(5/3)
Max. otáčky vřetene	rpm	3,000
Max. velikost vrtáku/závitníku	mm	Ø26(1") / M20
Min. úhel dělení	o (deg)	0.001°
Nádrž		
Mazivo	ℓ(gal)	12 (3.17)
Hydraulika	ℓ(gal)	50 (13)
Chladivo	ℓ(gal)	195 (52)
Zdroj energie		
Elektrická energie	kVA	40
Rozměry		
Výška	mm(palce)	3,220 (126.55")
Záběr místa (d×š)	mm(palce)	2,130 x 2,840(83.1" x 111.6")
Hmotnost	Kg (lb)	10,550 (23,259)
NC řízení		
Siemens Sinumerik 828D včetně ShopTurn		

3.2 Použité nástroje

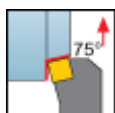
Hrubuje čelo na průměr D280

PSKNR 2525M-12

3600711



Vyobrazen pravý nástroj

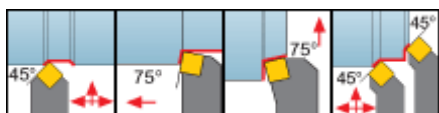
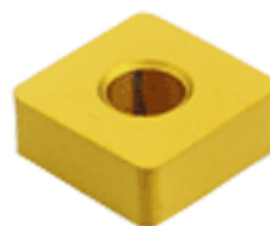
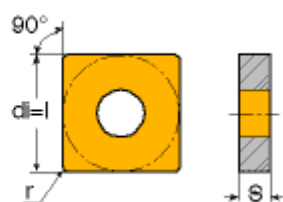


h	b	l1	l2	f	Ga°	Gr°	R/L
25.0	25.0	150.00	23.5	32.0	-6	-6	R

Obr. 3.3 – Nástroj pro hrubování průměru D280.

SNMA 120416 IC5005

5507733

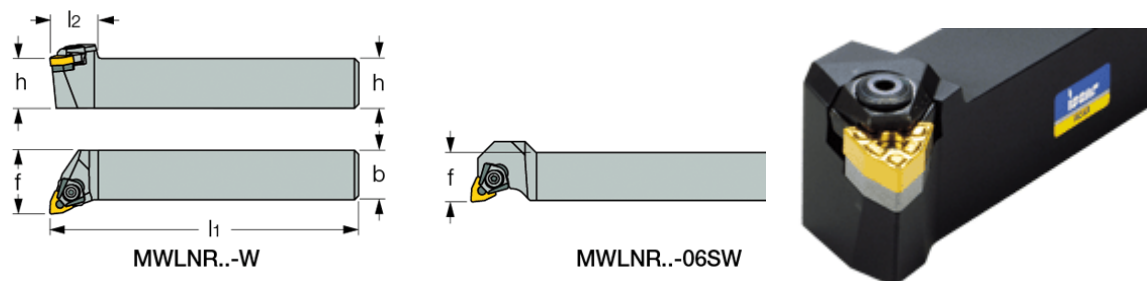


di	S	r	ft(min)	ft(max)	ap(min)	ap(max)
12.70	4.76	1.60	0.10	0.60	2.00	6.00

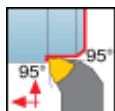
Obr. 3.4 – Vyměnitelná destička pro hrubování průměru D280.

Hrubuje vnější průměr D310 a D346

MWLNLR 3232P-08W 3601320



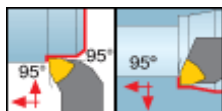
Vyobrazen pravý nástroj



h	b	l1	l2	f	Ga°	Gr°	R/L
32.0	32.0	170.00	35.0	40.0	-6	-6	R

Obr. 3.5 – Nástroj pro hrubování průměru D310 a D346.

WNMA 080412 IC5005 5507725

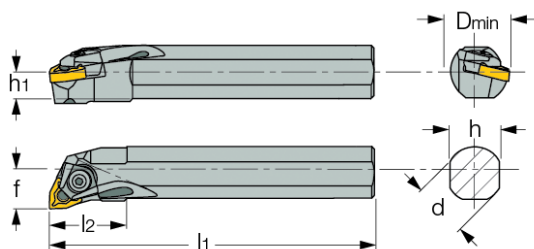


l	di	S	r	ft(min)	ft(max)	ap(min)	ap(max)
8.70	12.70	4.76	1.20	0.03	0.55	1.50	4.00

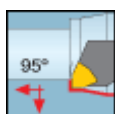
Obr. 3.6 – Vyměnitelná destička pro hrubování průměru D310 a D346.

Hrubuje otvor o průměru D160

A32S MWLNR-08W 3601325



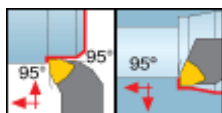
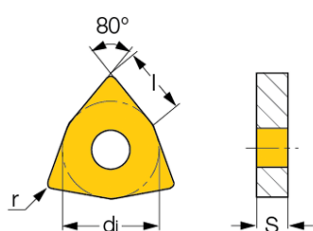
Vyobrazen pravý nástroj



d	l1	l2	h	h1	f	D min	Ga°	Gr°	Coolant	R/L
32.00	250.00	45.0	29.0	14.7	22.0	40.00	-6	-12	Y	R

Obr. 3.7 – Nástroj pro hrubování průměru D160.

WNMG 080412-GN IC5010 5508057

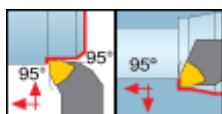
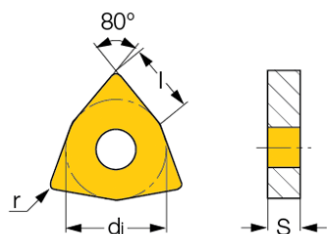


l	di	S	r	ft(min)	ft(max)	ap(min)	ap(max)
8.70	12.70	4.76	1.20	0.22	0.50	1.50	4.50

Obr. 3.8 – Vyměnitelná destička pro hrubování průměru D160.

Hrubuje a dokončuje spodní čelo

WNMG 080408-GN IC5010 5507746

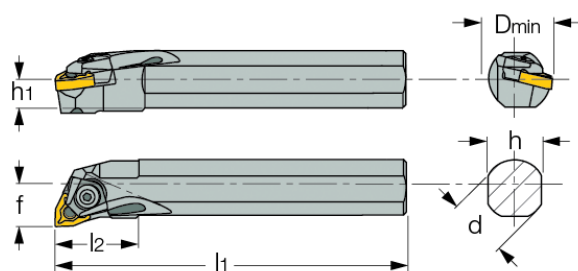


l	di	S	r	ft(min)	ft(max)	ap(min)	ap(max)
8.70	12.70	4.76	0.80	0.16	0.45	1.00	4.50

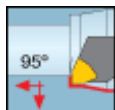
Obr. 3.9 – Vyměnitelná destička pro hrubování a dokončení spodního čela.

Dokončí otvor průměru D160

A25R MWLNR-06W 3601301



Vyobrazen pravý nástroj

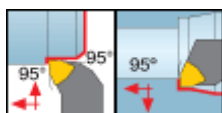
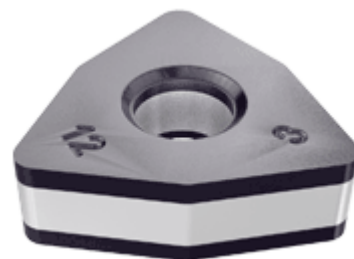
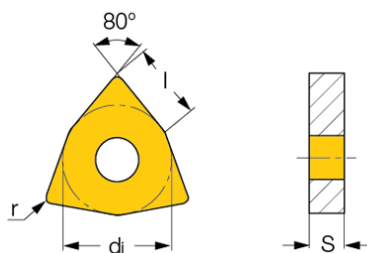


d	l1	l2	h	h1	f	D min	Ga°	Gr°	Coolant	R/L
25.00	200.00	35.0	23.0	11.7	17.0	32.00	-6	-14	Y	R

Obr. 3.10 – Nástroj pro dokončení průměru D160.

WNMA 06T308 IC5005

5507732

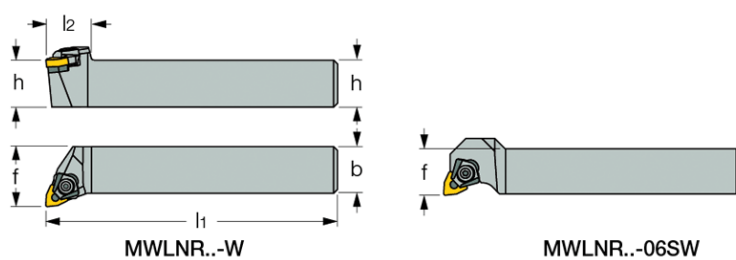


l	di	S	r	ft(min)	ft(max)	ap(min)	ap(max)
6.52	9.52	3.90	0.80	0.03	0.38	1.00	3.00

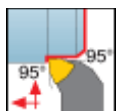
Obr. 3.11 – Vyměnitelná destička pro dokončení průměru D160.

Dokončí čelo o průměru D280, vnější průměr D310 a D346

MWLNR 2525M-06W

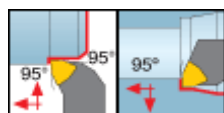
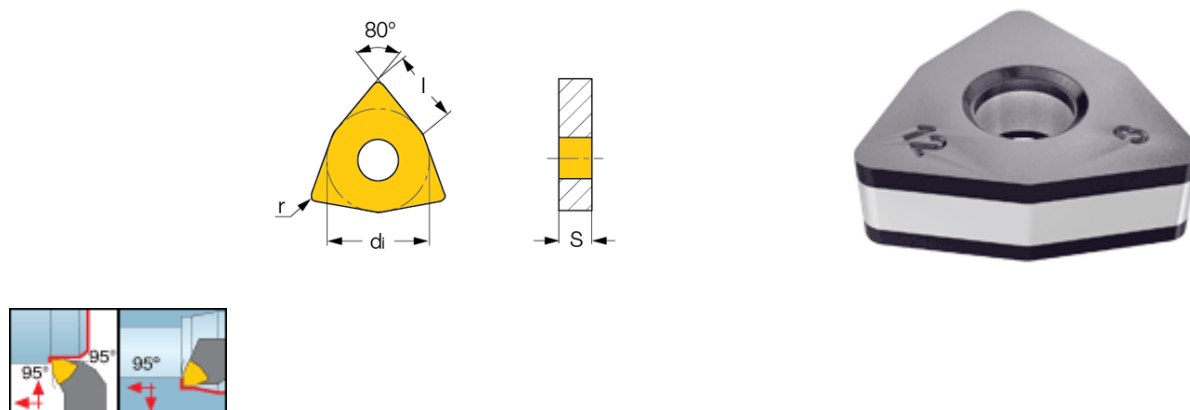


Vyobrazen pravý nástroj



h	b	l1	l2	f	Ga°	Gr°	R/L
25.0	25.0	150.00	25.0	32.0	-6	-6	R

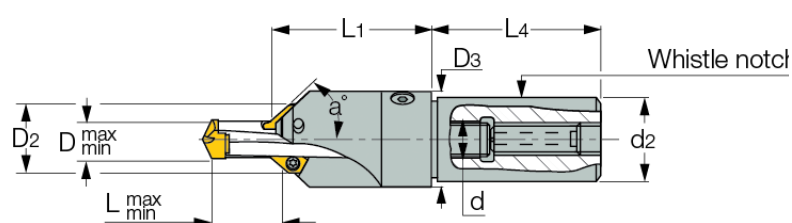
Obr. 3.12 – Nástroj pro dokončení průměru D280, D310 a D346.



l	di	S	r	ft(min)	ft(max)	ap(min)	ap(max)
6.52	9.52	3.90	0.80	0.03	0.38	1.00	3.00

Obr. 3.13 – Vyměnitelná destička pro dokončení průměru D280, D310 a D346.

Vrtání průměru D17,5 – Korunka sražení 45° (úspora času oproti nástroji na sražení hran)

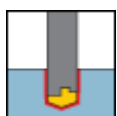
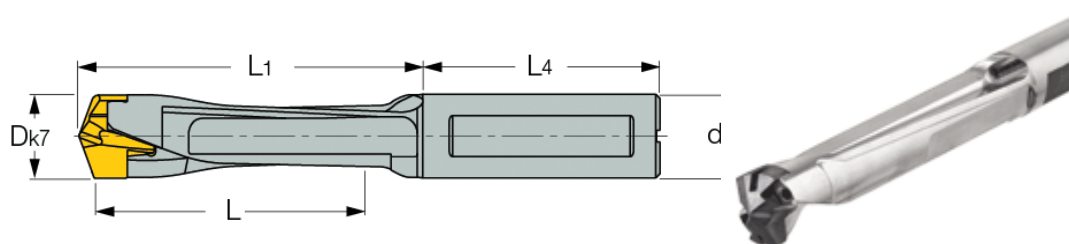


(1) Úhel sražení (α°) je závislý na použitém typu srážecí destičky



D min	D max	d	D3	D2	L1	L4	d2
17.00	17.90	17.00	38.00	31.40	67.3	60.0	32.00

Obr. 3.14 – Nástroj pro vrtání průměru D17,5.

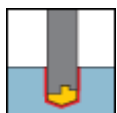
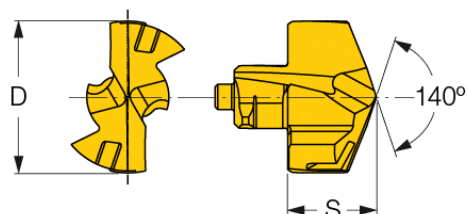


D min	D max	L	d	L1	L4	Po. Size
17.00	17.90	51.0	17.00	71.9	48.0	17.0

Obr. 3.15 – Nástroj pro vrtání průměru D17,5.

Závitování M20x2.5

ICK 175

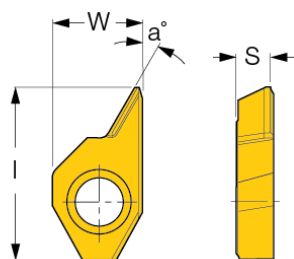


D	S	Po. Size
17.50	9.90	17.0

Obr. 3.16 – Nástroj pro závitování M20x2,5.

XCGT 090300-45DT

5505630



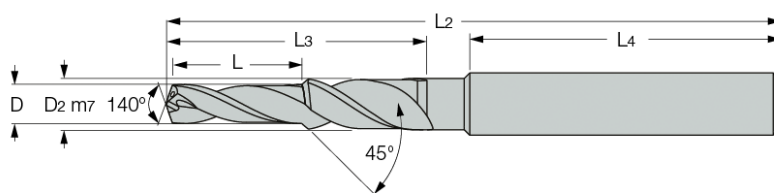
W	L	S	a°
8.50	16.00	3.30	45

Obr. 3.17 – Vyměnitelná destička pro závitování M20x2,5.

Vrtá otvory průměru D 6,8 a sráží hrany závitů M8

SCDT 068-021-100-M8

5531414



Th	D	D2	L2	L	L3	d	L4
M8	6.80	9.00	89.0	21.0	47.0	10.00	40.0

Obr. 3.18 – Nástroj pro vrtání průměru D 6,8 a srážení hran závitů M8.

3.3 Technologický postup výroby

Technologický postup je pro větší přehlednost znázorněn v tabulce.

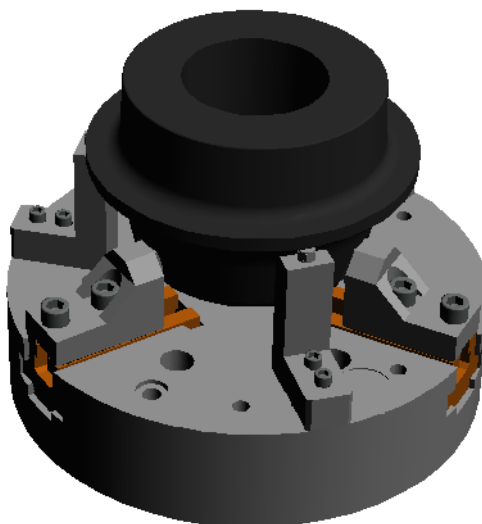
Tab. 3.2 – Technologický postup výroby

Číslo operace	Popis operace	Průměr (max.) D1 mm	Průměr (min.) D2 mm	Otáčky n min-1	Řezná rychlost v m/min	Dráh a l mm	Počet třísek	Hloubka třísky a mm	Posuv s mm/ot
T1	HR								
	D 276 / D 154	280	150	330	200	65	2	2,5	0,3
	D 346 / d 311,8	350	312	197	200	19	1	2,5	0,3
	D 311,8	311,8	311,8	205	200	4	1	1,5	0,3
T2	HR								
	D 159	159	159	401	200	220	1	2	0,3
T3	NC								
	D 276 / D 154	280	150	396	240	65	1	1	0,25
	d 346 / d 310,8	350	312	236	240	19	1	2,5	0,25
	d 310,8 h8	311	311	246	240	4	1	2	0,2
T4	NC								
	D 160 H7, 1x45°	160	160	478	240	220	1	1	0,25
T5	NC – spodní čelo								
	D 200 / D 160, 1x45°	205	155	372	200	25	2	1,5	0,25
	stop/index								
T6	VRTAT								
	D 17,5 hr.	17,5	17,5	1456	80	60	12		0,25
T7	Řezat závit								
	M20x2,5	20	20	287	18	110	12		2,5
T8	VRTAT								
	D 6,8 hr.	6,8	6,8	2811	60	20	12		0,22
T9	Řezat závit								
	M8x1,25	8	8	717	18	30	12		1,25

4 Diskuse experimentu

4.1 Charakteristika součásti

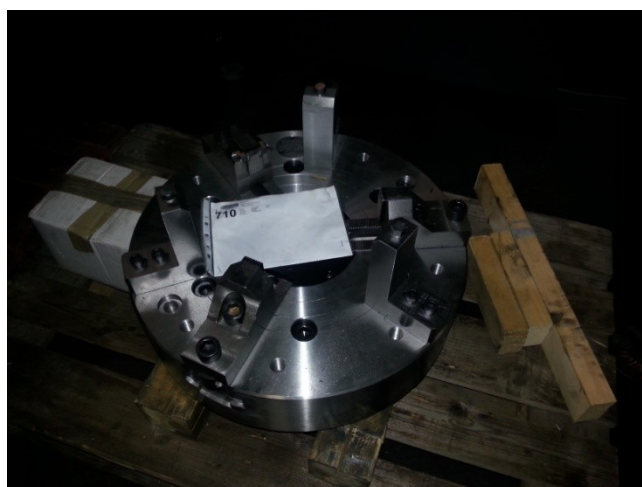
Jedná se o součást vyrobenou z litiny s lupínkovým grafitem. Odběratelem je firma Leroy Somer, která se zaměřuje na výrobu elektromotorů a vysoko napětových alternátorů. Vzhledem k velké hmotnosti je manipulace s výrobkem obtížná, jen pro zajímavost její hmotnost je okolo 60 kilogramů. Součástka se používá jako díl alternátoru.



Obr. 4.1 – 3D model součásti se sklíčidlem.

4.2 Upnutí součásti

K upnutí obrobku se používá 18 palcové sklíčidlo, které je dodáváno k obráběcímu centru firmou Hwacheon. Masivní konstrukce se odráží i na hmotnosti, která je okolo 200 kilogramů. Vzhledem k velké hmotnosti odlitku je upnutí prováděno s pomocí jeřábu s maximální hmotností 500 kilogramů, který je umístěn v blízkosti stroje.



Obr. 4.2 – Sklíčidlo.

4.3 Použité měřicí zařízení

- závitové kalibry,
- posuvné měřidlo,
- trn pro měření otvoru (dvoudotekový),
- kalibrované zařízení pro měření vnitřního průměru.



Obr. 4.3 – Zařízení pro měření vnitřního průměru D160.

4.4 Technologické problémy

Technologických problémů při obrábění novou technologií bylo hned několik. Jeden z hlavních problémů nastal při vrtání závitu, kdy docházelo ke zlomení vrtáku. Problém byl vyřešen výměnou zařízení sloužícímu k upnutí nástroje závitníku. Dále byl ve firmě proveden experiment životnosti vrtací korunky. Experiment byl proveden na součásti litinový setrvačnick a závěrem toho experimentu bylo zjištění životnosti vrtací korunky okolo 120 kusů. Poté musí být vrtací korunka přestřena nebo vyměněna za novou. Vzhledem k celkem vysoké ceně nástroje byla zvolena první možnost.

5 Technicko – ekonomické zhodnocení

Technicko-ekonomické zhodnocení bylo provedeno na základě poskytnutých informací firmou ZLKL, s.r.o. Při vyhodnocování nebyly použity náklady spojené s opotřebením a výměnou nástrojů. Tyto náklady jsou součástí hodinové sazby stroje. Při vyhodnocení nové technologie obrábění součásti litinový setrvačník budou porovnány dosavadní změny ve výrobě této součásti. Zhodnocení bude zaměřeno především na tyto body:

- srovnání časů potřebných k výrobě,
- srovnání nákladů na výrobu.

5.1 Srovnání časů potřebných k výrobě

V Tab. 5.1 jsou uvedeny strojní a přípravné časy pro jednotlivé operace stávající a nové technologie potřebné na výrobu jednoho kusu.

Tab. 5.1 – Srovnání časů určitých operací výroby.

Technologie	Operace	t1 [min/ks]	t2 [min/ks]	tc [min/ks]
Stará	Soustružení	51,25	5	56,25
	Vrtání	7,5	5	12,5
Nová	Soustružení	16	4	20

kde: t1 [min/ks] – celkový strojní čas k výrobě jednoho kusu,

t2 [min/ks] – celkový přípravný čas k výrobě jednoho kusu,

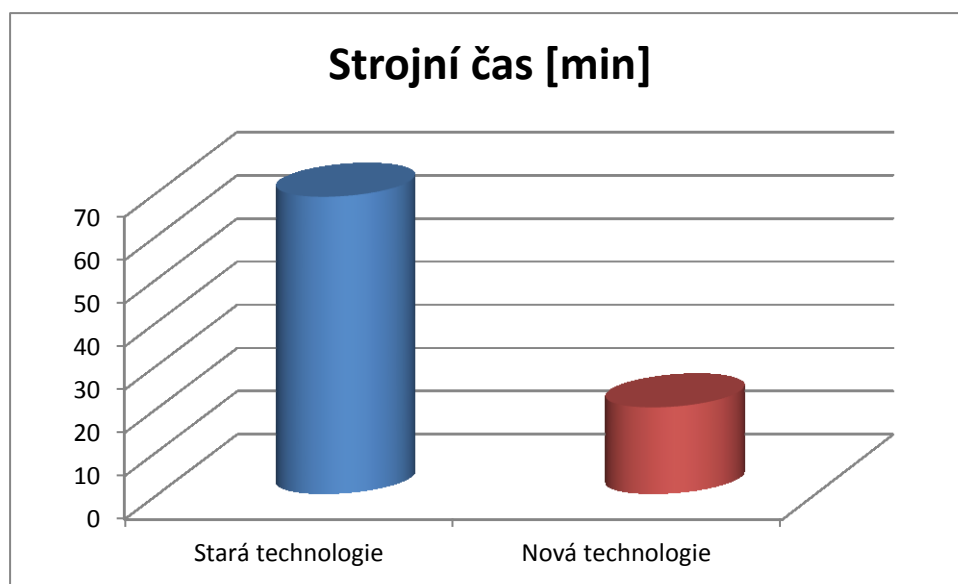
tc [min/ks] – celkový čas potřebný k výrobě jednoho kusu.

V Tab. 5.2 jsou uvedeny celkové časy potřebné na výrobu jednoho kusu.

Tab. 5.2 – Celkové časy výroby 1 kusu.

Technologie	Celkový strojní čas [min]
Stará	68,75
Nová	20

Časová náročnost na výrobu jednoho kusu



Obr. 5.1 – Časová náročnost na výrobu jednoho kusu.

V Obr. 5.1 můžeme vidět, že čas potřebný k obrobení jedné součásti se s použitím nové technologie snížil z 68,75 minut na 20 minut. Při použití nové technologie došlo ke zrychlení výrobního procesu o 70,91%.

5.2 Srovnání nákladů na výrobu

V Tab. 5.3 jsou uvedeny hodinové náklady na provoz strojů. Přesný rozbor nákladů je velice složitý, proto jsem uvedl orientační náklady na provoz strojů. Náklady na provoz strojů jsem převedl z hodinové sazby na minutovou, které jsem použil v Tab. 5.4

Tab. 5.3 – Hodinové náklady na provoz strojů.

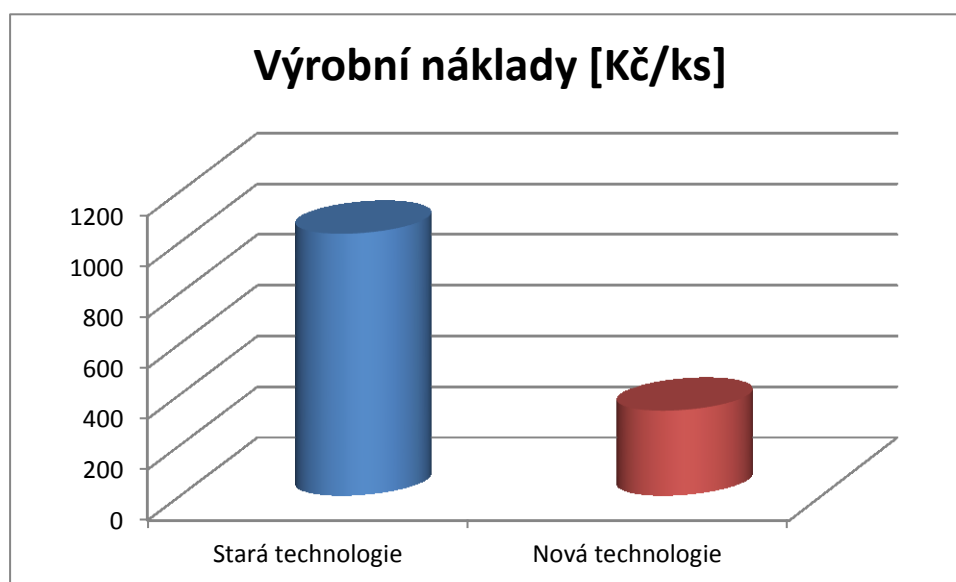
Technologie	Provoz stroje [Kč / h]
Stará	900
Nová	1000

V Tab. 5.4 jsou uvedeny náklady spojené s výrobou jednoho kusu stávající a novou technologií.

Tab. 5.4 – Srovnání nákladů na výrobu 1 kusu.

Stará technologie		
Celkový výrobní čas [min]	Provoz stroje [Kč / min]	Výrobní cena 1 kusu [Kč]
68,75	15	1031,3
Nová technologie		
20	16,7	334

Náklady na výrobu jednoho kusu



Obr. 5.2 – Náklady na výrobu jednoho kusu.

Z Obr. 5.2 je patrné, že při použití nové technologie obrábění došlo ke snížení výrobních nákladů z 1031,3 korun na 334 korun na jeden kus. Což znamená, že náklady spojené na výrobu jednoho kusu se snížili o 67,2% oproti stávající technologii.

Závěr

Cílem této bakalářské práce byl návrh nové technologie obrábění zadané součásti s ohledem na snížení obráběcích časů, výrobní ceny a následné porovnání nového způsobu výroby se stávajícím způsobem výroby. V první části jsme se seznámili s daným problémem, charakteristikou firmy ZLKL, s. r. o. Dále jsou popsány vlastnosti a obrobitelnost materiálu součásti. Další část byla zaměřena převážně na teorii soustružení a řezné materiály. Následně byl proveden výběr vhodného obráběcího stroje. Jako nejvhodnější stroj pro obrábění součástky litinový setrvačnický, bylo zvoleno obráběcí centrum Hwacheon VT-650 MC. S využitím odborných znalostí zaměstnanců firmy ZLKL, s. r. o. byly zvoleny vhodné řezné nástroje a řezné podmínky pro výrobu součásti. V další části jsou popsány technologické problémy, které nastaly při obrábění novou technologií. Poslední část je věnována technicko - ekonomickému zhodnocení. Kde jsou porovnány obráběcí časy nové a stávající technologie a náklady spojené s výrobou jednoho kusu. Nově vytvořený způsob výroby vedl k zefektivnění výroby a snížení nákladů na výrobu oproti stávajícímu způsobu. Myslím si, že cíle bakalářské práce byly splněny.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

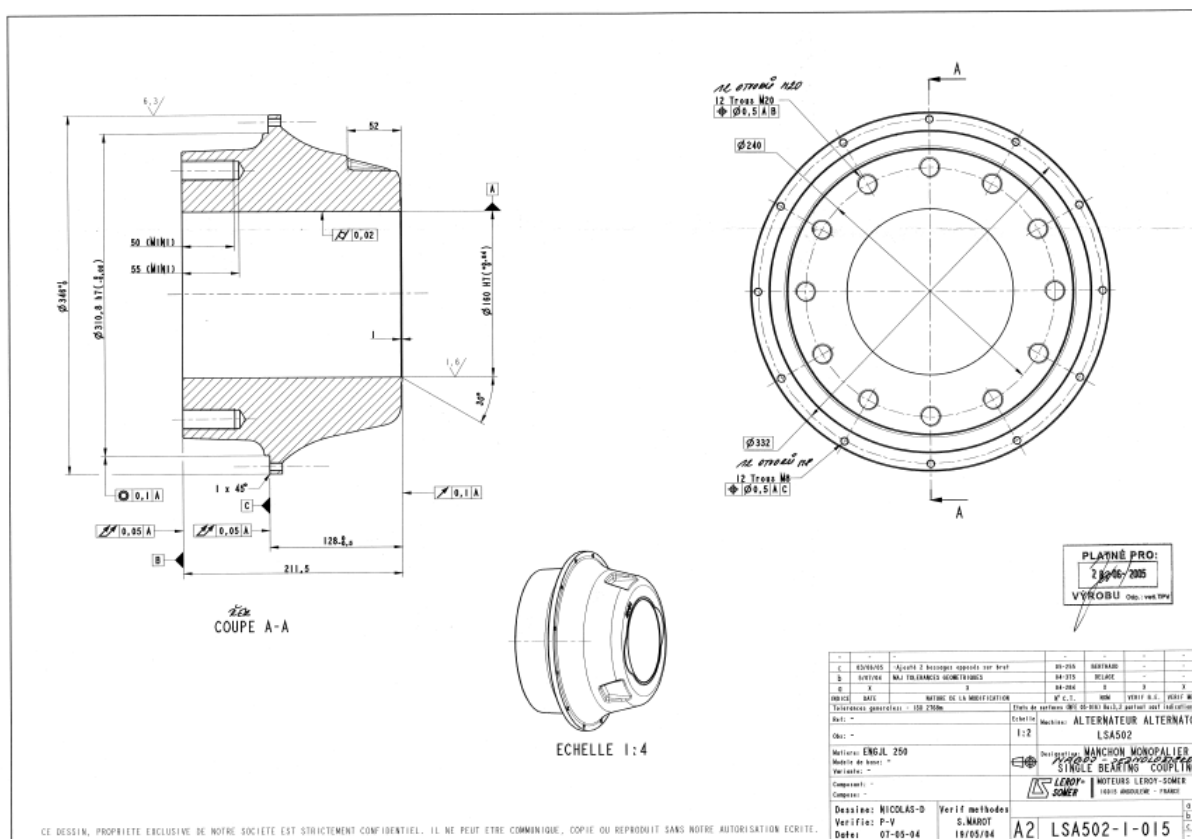
- [1] ZÁVODY LEHKÝCH KONSTRUKCÍ LOŠTICE s. r. o. *O společnosti [online]*.
Dostupné z: <http://www.zkl.cz/>
- [2] UCB TECHNOMETAL s. r. o. *Technický datový list ENG-JL-250 [online]*.
Dostupné z: <http://www.ucbtechnometal.cz/storage/get/99-en-gil-250.pdf>
- [3] AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění: Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s.r.o., 1997. 857 s. Přeloženo z: *Modern Metal Cutting - A Practical Handbook*. ISBN 91-97 22 99-4-6
- [4] HEUNISCH GUSS a. s. *Soustružení litinových odlitků [online]*.
Dostupné z: <http://www.heunisch-guss.com/cz/podnik/provozovny/krasna-u-ase.html>
- [5] INDUSTRY EU. *Zvýšení produktivity obrábění litiny [online]*.
Dostupné z: <http://www.industry-eu.cz/novinky-a-clanky/novinky-ve-strojirenstvi/zvyseni-produktivity-obrabeni-litiny>
- [6] Obrobitelnost materiálů – CNN-10-0-I/II, Celostátní normativ, Praha 1977, revidováno v roce 1985.
- [7] VIGNER, Miloslav, PŘIKRYL, Zdeněk. *Obrábění. 1. vydání*. Praha: SNTL, 1984. 808 s. ISBN 04-250-84.
- [8] ČEP, Robert. *Skripta technologie II. [online]*.
Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~cep77/tech_II
- [9] HUMÁR, Anton. *Technologie I: Technologie obrábění – 1. část. Studijní opory pro magisterskou formu studia*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2003. 138 s.
- [10] KACHYŇA, S., *Deskripce nástrojových soustav pro obrábění nerotačních součástí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008, 50 s.
- [11] MACHINING, SUPPORT AND CONSULTANT SERVICES. *Břítové destičky CBN [online]*.
Dostupné z: <http://www.msc-tools.cz/cbn.html>
- [12] MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM. *Keramické soustružnické destičky [online]*.
Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/kaleidoskop-novinek-pro-frezovani-a-soustruzeni.html>
- [13] DIFF s. r. o. *Jádrové vrtáky HSS [online]*.
Dostupné z: <http://www.jadrove-vrtaky.cz/vrtaky/eshop/1-1-Jadrove-vrtaky-HSS>
- [14] INDUSTRY EU. *Nástroje s tlakovým přívodem řezné kapaliny [online]*.
Dostupné z: <http://www.industry-eu.cz/novinky-a-clanky/novinky-ve-strojirenstvi/nastroje-se-smerovany-m-privodem-chladici-kapaliny-pod-vysokym-tlakem>
- [15] MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM, *Vysokotlaké chlazení při vrtání [online]*.
Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/ekonomicke-i-ekologicke-trendy-pri-triskovem-obrabeni.html>

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha I. Výkres součásti Litinový setrvačník
- Příloha II. Zdrojový kód pro program na NC stroj

PŘÍLOHA I.

Výkres součásti Litinový setrvačnick.



PŘÍLOHA II.

Zdrojový kód pro program na NC stroj.

SETRVACNIK - LSA502-1-015

```
;NULOVY BOD G54: X=+0
;           Z=+303.3
;           C=+5
```

;UPINACI TLAK = MAX. 11 BAR

```
;UPINANI: 1)ZA POVRCH => TVRDE ODLEHCENE CELISTI 4.7MM
;      2)DORAZY  => DLOUHE
```

G90 G18 G54
LIMS=500
M29

MSG("HRUBOVANI CELO")
;(ISCAR PSKNR 2532M-12 / SNMA 120416 IC5005)
T6 D1 M6
SETMS(1)
;STOPRE
G96 S300 M3
G0 X290 Z15 F0.35 M8
Z2.5
G1 X260
G1 X145 F0.425
G0 Z10
X290
Z0.5
G1 X145
G0 Z10 M9
G75 X0 Z0

MSG("HRUBOVANI LIMEC")
;(ISCAR MWLNR 3232P-08W / WNMG 080412-GN IC5010)
T3 D1 M6
SETMS(1)
;STOPRE
G96 S300 M3
G0 X351 Z15 F0.35 M8
MSG("D346")
Z-70
G1 Z-97 F0.35
G0 X360
Z-70
X346.5
G1 Z-97 F0.4
G0 X348
MSG("OSAZENI D310.8 H7 / L128 -0.5")
Z-80.5
G1 X311.5 F0.4
Z-75
G0 X348
Z-83.5
G1 X311.5
Z-80.5
G0 X350 M9
Z10
G75 X0 Z0

LIMS=550
MSG("HRUBOVANI DIRA D160 H7")
;(ISCAR A32... / WNMG 080408-GN IC5010)
;DLOUHY MASIVNI DRZAK
T12 D1 M6
SETMS(1)

;STOPRE
G96 S300 M3
G0 X157 Z10 F0.4 M8
Z2
G1 Z-216
G0 X150
Z2
X159.5
G1 Z-216 F0.4
G0 X150
Z10 M9
G75 X0 Z0

LIMS=550
MSG("SLICHT POVRCH A CELO")
;(ISCAR MWLNR 2525M-06W / WNMG 06T308-WG IC520N)
T5 D1 M6
SETMS(1)
;STOPRE
G96 S350 M3
G0 X285 Z10 F0.275 M8
Z0
G1 X155
G0 Z0.5
X310.775
Z-75
G1 Z-83.45 F0.2
X311.5 Z-83
G0 X343.5
G1 X346.5 Z-85 F0.25
X347 Z-85.5
G0 Z-83.75
G1 X310.775
Z-83
X312 Z-82.75
G0 Z10 M9
G75 X0 Z0

LIMS=600
MSG("SLICHT DIRA")
;(ISCAR A32... / WNMG 080408-GN IC5010)
;(byl pouzit WALTER WNMG ...?)
;DLOUHY MASIVNI DRZAK
T12 D1 M6
SETMS(1)
;STOPRE
G96 S300 M3
G0 X168 Z10 F0.2 M8
Z1
G1 X164.02
G1 X160.035 Z-1
X160.0 Z-216 F0.2
G0 G40 X155
Z10 M9
G75 X0 Z0

LIMS=500
MSG("SPODNI CELO HOTOVE")
;(ZPETNY NUZ - ISCAR WNMG 080412-GN IC5010)
;DLOUHY MASIVNI DRZAK
T10 D1 M6
SETMS(1)
;STOPRE
G96 S250 M3
G0 X150 Z50 F0.35 M8
Z-213
X159
G1 X205
G0 Z-213.5
X159
Z-212

G1 X205
 G0 Z-213.5
 X155
 Z-209.85
 G1 X159.75
 G1 Z-211.5 ANG=150 RND=0.5 F0.2
 X205 F0.25
 G0 Z-212.5
 X155
 G0 Z50 M9
 M5
 G75 X0 Z0

MSG("VRTANI PRO M8 NA LIMCI 12 X")
 ;(TK KOMB.VRTAK D=6.8/9.0)
 ;(ISCAR SCDT 068-021-100-M8 IC908)
 ;UPINAT DO KLESTINY ER20 PRES PRODLOUZENI
 T2 D1 M6
 SETMS(2)
 ;STOPRE
 G97 S2900 M2=3
 G0 G17 X332 Z10 C0 F0.12 M8
 N140 M38 ; (ZPEVNENI C-axis)
 N160 MCALL CYCLE82(-70,-83.75,2,,23,0,0,1,11)
 C0
 N180 C30
 N190 C60
 N200 C90
 N210 C120
 N220 C150
 N230 C180
 N240 C210
 N250 C240
 N260 C270
 N270 C300
 N280 C330
 N290 M38
 N300 MCALL
 M2=5
 M2=19
 M29
 M9
 G18
 G75 X0 Z0

MSG("ZAVIT M8 NA LIMCI")
 ;(HSS ZLATY ZAVITNIK M8-6H NAREX)
 ;UPINAT DO KLESTINY ER20 PRES PRODLOUZENI
 T4 D1 M6
 SETMS(2)
 ;STOPRE
 G97 S111 M2=3
 N90 G0 G17 X332 Z10 C0 M8
 N150 M38 ; (ZPEVNENI C-axis)
 N170 MCALL CYCLE84(-70,-80,5,,20,0.5,3,,1.25,5,800,800,0,1,0,0,5,1.4,, "ISO_METRIC", "M8",,1001,2001001)
 C0
 N180 C30
 N190 C60
 N200 C90
 N210 C120
 N220 C150
 N230 C180
 N240 C210
 N250 C240
 N260 C270
 N270 C300
 N280 C330
 N290 M38
 N300 MCALL
 M2=5
 M2=19

M29
M9
G18
G75 X0 Z0

MSG("VRTANI PRO M20 NA CELE")
;(VBD KOMB.VRTAK D=17.5/38.0)
;(ISCAR CHAMRING 170-WN32-09)
;UPINAT DO KLESTINY ER40
T8 D1 M6
SETMS(2)
;STOPRE
G97 S2000 M2=3
G0 G17 X240 Z10 C0 F0.2 M8
N140 M38 ; (ZPEVNENI C-axis)
N160 MCALL CYCLE82(5,0,2,,66.5,0.5,0,1,11)
C0
N180 C30
N190 C60
N200 C90
N210 C120
N220 C150
N230 C180
N240 C210
N250 C240
N260 C270
N270 C300
N280 C330
N290 M38
N300 MCALL
M2=5
M2=19
M29
M9
G18
G75 X0 Z0

M55
MSG("ZAVIT M20 NA CELE")
;(HSS ZAVITNIK M20-6G DORMER DIN376)
;UPINAT DO KLESTINY ER40 SE 4-HRANEM
T7 D1 M6
SETMS(2)
;STOPRE
G97 S111 M2=3
N90 G0 G17 X240 Z10 C0 M8
N150 M38 ; (ZPEVNENI C-axis)
N170 MCALL CYCLE84(15,0,5,,55,0.5,3,,2.5,5,300,600,0,1,0,0,5,1.4,, "ISO_METRIC", "M20" ,,1001,2001001)
C0
N180 C30
N190 C60
N200 C90
N210 C120
N220 C150
N230 C180
N240 C210
N250 C240
N260 C270
N270 C300
N280 C330
N290 M38
N300 MCALL
M2=5
M2=19
M29
M9
G18
G75 X0 Z0
M30